

## EVALUASI KERUNTUHAN DINDING GALIAN *PILE CAP* DAN ALTERNATIF PENANGANANNYA

**Yanyan Agustian<sup>1\*</sup>, Mughsyfa Nafizia Arfah<sup>2</sup>, Raden Herdian Bayu Ash Shiddiq<sup>3</sup>**  
Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia<sup>1,2,3</sup>  
Email: yanyan.agustian@widyatama.ac.id<sup>1\*</sup>, mughsyfanafizyaarfah@gmail.com<sup>2</sup>  
raden.herdian@widyatama.ac.id<sup>3</sup>

### Abstrak

Penurunan tanah pada track kereta api terjadi akibat keruntuhan dinding galian yang bernama galian *Pile Cap* 14, tidak jauh dari track tersebut. Galian tersebut merupakan proyek pembangunan fasilitas perkeretaapian untuk Manggarai s/d Jatinegara (Tahap II) Pekerjaan *Main Line* II. Kejadian ini yang melatarbelakangi penelitian ini, yaitu dengan tujuan untuk menganalisis faktor yang menjadi penyebab utama terjadinya keruntuhan sehingga secara langsung menyebabkan penurunan rel kereta api aktif di Stasiun Manggarai beserta menentukan alternatif penanggulangannya. Evaluasi pemodelan dibuat dengan menggunakan program *Plaxis*. Data primer dan data sekunder digunakan sebagai bahan input parameter dari pmodelan tersebut. Hasil pemodelan didapatkan *safety factor* galian dengan nilai  $<1$ . Hal ini menunjukkan bahwa galian tersebut tidak memenuhi kriteria keamanan dan merupakan faktor menyebabkan keruntuhan. Perkuatan *sheet pile* yang dipasang pada galian eksisting pun tidak mampu menahan gaya lateral dari tanah. Perencanaan perbaikan konstruksi yang dilakukan adalah dengan mengevaluasi ulang desain konstruksi dan melakukan rekayasa struktur pada konstruksi galian. Selain itu, ada penambahan pemasangan angkur pada ketinggian 0,5 m terhitung dari permukaan tanah galian. Hasil dari percobaan ini didapatkan faktor keamanan galian setinggi 5 m yaitu 1,622 dimana angka tersebut sudah melebihi standar yang berlaku. Hal ini pun menunjukkan bahwa kondisi tanah setelah digali setinggi 5 m memiliki stabilitas yang memadai dan potensi keruntuhan tidak teridentifikasi dengan adanya beban mati berupa ballast dan bantalan dan beban hidup dari kereta.

**Kata Kunci:** Keruntuhan, *Pile cap*, *Sheet pile*

### Abstract

*The subsidence of the railway track occurred due to the collapse of the excavation wall known as Pile Cap 14, not far from the track. This excavation is part of the railway facility development project from Manggarai to Jatinegara (Phase II Main Line II). The occurrence of this event is the background for this research, which aims to analyze the factors that are the main causes of the landslide, directly leading to the subsidence of the active railroad track at Manggarai Station, and to determine its mitigation. The evaluation of the modeling was conducted using the Plaxis program. Primary and secondary data were used as input parameters for the modeling. The modeling results revealed a safety factor (SF) for the excavation with a value of  $<1$ . This indicates that the excavation does not meet safety criteria and is a factor causing the collapse. The sheet pile reinforcement installed on the existing excavation was also unable to withstand lateral forces from the soil. The construction improvement planning involved reevaluating the construction design and restructuring the structure of the excavation. Additionally, anchors were added at a height of 0.5 m from the excavation's ground surface. The results of this experiment showed a safety factor for a 5 m high excavation of 1.622, exceeding the applicable standards. This indicates that the soil*

*condition after excavation to a depth of 5 m has adequate stability, and the potential for collapse is not identified with the presence of dead loads such as ballast and pads and the live load from the train.*

**Keywords:** Collapse, Pile cap, Sheet pile

### Pendahuluan

Untuk keperluan konstruksi struktur *pile cap* dan *pier* pada pekerjaan track kereta api di Stasiun Mannggarai, dilakukan penggalian sedalam 5 meter dengan dinding penahan tanah menggunakan *sheet pile* (Alhadis, 2022; Atibrata & Listyawan, 2020; Elriady & Robby, 2017). Akan tetapi pada pelaksanaannya terjadi permasalahan yaitu keruntuhan pada *sheet pile* tersebut yang mengakibatkan terjadinya penurunan pada track jalur I sebuah galian tanah (Pamungkas, 2021).

Hujan deras diperkirakan menjadi salah satu pemicu longsor tersebut (Hidayat & Zahro, 2018). Akan tetapi hal yang menjadi penyebab utama dari kejadian tersebut adalah lebih dimungkinkan karena pemasangan *sheet pile* yang tidak sesuai perencanaan sehingga tidak mampu menahan tekanan lateral tanah karena terutama ketika hujan deras (Kurniawan & Rahayu, 2022). Akibat longsor tersebut, jalur track I kereta dihentikan sementara. Setelah penanganan perbaikan track sementara selesai, KA pertama melewati track tersebut dengan kecepatan 5 km/jam dengan kondisi penurunan track yang masih terjadi.

Hal tersebut di atas menjadi latar belakang penelitian ini dilakukan, yaitu untuk mengetahui kondisi geoteknik di area proyek sebagai objek penelitian, mengetahui kondisi safety factor eksisting (Satmoko, 2023), desain DPT dengan kalkulasi teknis dan simulasi dengan menggunakan program *Plaxis*, dan membandingkan deformasi hasil perhitungan dengan pengamatan di lapangan, dan yang paling utama adalah sebagai simulasi untuk acuan pekerjaan serupa setelah pengerjaan konstruksi ini (Nafis & Setyawan, 2021; Pratama et al., 2014).

Untuk keamanan dan kelancaran pekerjaan galian, terutama galian dalam, penting untuk menghitung pergeseran horizontal dinding tanah agar pergerakannya dapat dikendalikan (Mardizal & Andayono, 2023). Hal ini harus dilakukan secara berkelanjutan selama proses penggalian hingga proses pengisian kembali selesai. Namun, perhitungan gerakan tanah akibat gaya lateral tanah sangat kompleks. Hal ini disebabkan oleh sifat non linier tanah, sehingga perhitungan harus mempertimbangkan non linieritas tanah serta sifat pegas tanah dan dinding penahan itu sendiri (Agustian et al., 2020).

Nesya, et al. (2022) melakukan penyelidikan pada perhitungan *sheet pile* sebagai dinding penahan tanah dan berkesimpulan *sheet pile* dengan dimensi yang digunakan mampu menahan beban kereta, ketika proses galian dilaksanakan, perhitungan *sheet pile* menggunakan perhitungan manual menghasilkan nilai momen sebesar 16,929 kN.m, Nilai geser sebesar 3,867 kN dengan hasil *sheet pile* mampu menahan beban yang bekerja, perhitungan *sheet pile* menggunakan perhitungan *Plaxis* menghasilkan nilai momen sebesar 16,929 kN.m, nilai geser sebesar 3,867 kN dengan hasil *sheet pile* mampu menahan beban yang bekerja.

Pontoh, et al. (2022), dalam penelitian mereka menggunakan aplikasi SLOPE/W pada kondisi muka air normal untuk mengkaji stabilitas lereng tebing sungai yang sudah ada. Hasilnya menunjukkan angka keamanan tanpa perkuatan adalah  $SF = 1,418$  (lereng aman), sementara pada kondisi muka air banjir angka keamanan menurun menjadi  $SF = 1,125$  (lereng kritis). Setelah dilakukan perkuatan dengan *sheet pile*, angka keamanan meningkat sehingga tebing sungai menjadi aman ( $SF > 1,5$ ). Angka keamanan pada kondisi muka air normal dan kondisi muka air banjir setelah perkuatan berturut-turut

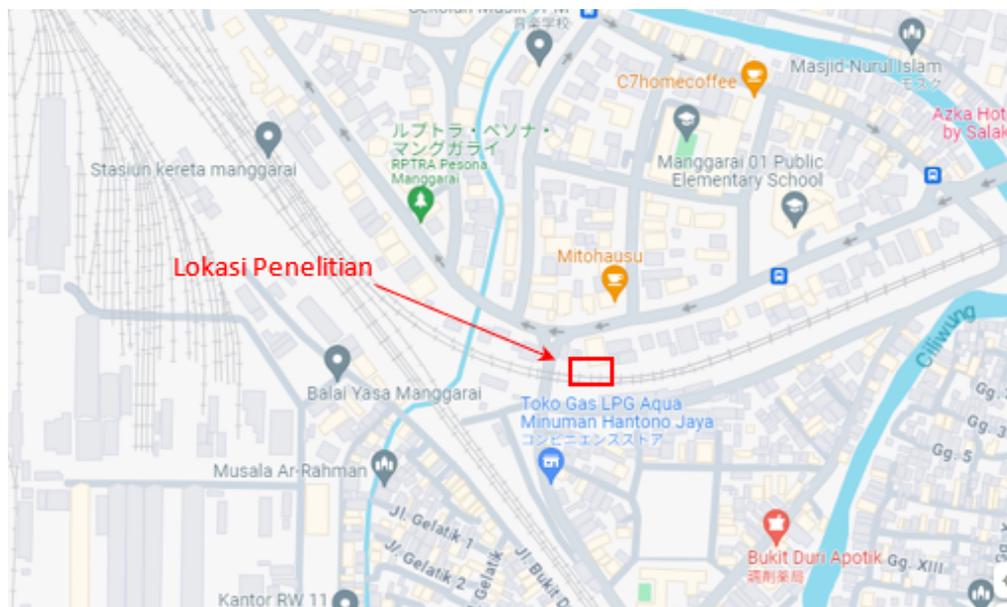
adalah 1,603 dan 1,741. Penggunaan *sheet pile* jenis *corrugated concrete sheet piles* atau *sheet pile* beton membutuhkan panjang total 13,46 m dengan diameter anker 7,1 cm pada kondisi muka air sungai normal, dan 15,93 m dengan diameter anker 8,6 cm pada kondisi muka air sungai banjir. Rekomendasi perkuatan untuk tebing Sungai Dondang dalam proyek BLC2 PT. K E adalah menggunakan *sheet pile* tipe CCSP W-400 Class A dengan panjang total 16 m, yang ditanam sedalam 3 m, serta menggunakan anker berdiameter 9 cm.

Rachman, et al. (2022) melakukan studi dengan menggunakan aplikasi *Plaxis2D* untuk mengestimasi *safety factor* dalam perkuatan tebing Sungai Sekanak yang memiliki panjang 240 m menggunakan *sheet pile*. Setelah melakukan survei lapangan, pengambilan sampel tanah, dan menganalisis data menggunakan *Plaxis2D*, ditemukan bahwa nilai *safety factor* adalah 1,934 dan 1,831, yang keduanya lebih besar dari 1,25.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor yang menjadi penyebab utama terjadinya keruntuhan sehingga secara langsung menyebabkan penurunan rel kereta api aktif di Stasiun Manggarai beserta menentukan alternatif penanggulangannya.

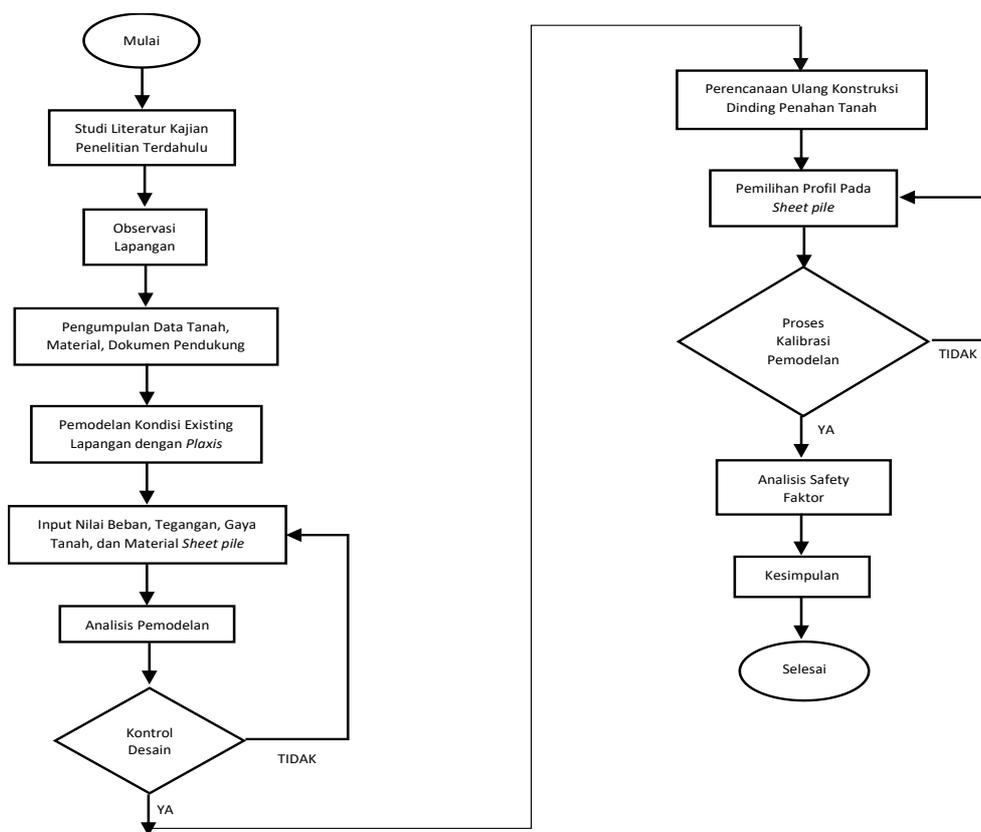
### Metode Penelitian

Gambar 1 adalah objek penelitian berlokasi di longsor galian *Pilecap* 14 pada pembangunan fasilitas perkeretaapian untuk Manggarai s/d Jatinegara (Paket A) yang terletak di sekitar Jl. Manggarai Utara, Kecamatan Tebet, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta.



Gambar 1. Lokasi penelitian

## Evaluasi Keruntuhan Dinding Galian Pile Cap dan Alternatif Penanganannya



**Gambar 2. Diagram alur penelitian**

Seperti tertera pada Gambar 2., tahap penelitian ini diawali oleh studi literatur setelah sebelumnya menemukan permasalahan kelongsoran dan pergerakan dinding penahan tanah. Tahap selanjutnya adalah observasi lapangan dan pengumpulan data, baik data sekunder ataupun data primer untuk menunjang pemodelan.

Kemudian pemodelan dilakukan untuk keadaan eksisting dan penanganan yang sudah dilakukan kemudian dilanjutkan evaluasi dan melakukan simulasi lanjutan untuk mendapatkan faktor keamanan yang diinginkan sesuai standar.

Prosedur penelitian analisis dinding penahan tanah sementara yang menggunakan *sheet pile* sebagai sistem penyangga menggunakan program *Plaxis*. Simulasi ini diharapkan dapat mengetahui desain dinding penahan yang aman dengan kalkulasi teknis. Analisis ini akan membandingkan deformasi hasil perhitungan dengan pengamatan di lapangan. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan studi pustaka beberapa penelitian dan literatur terkait perancangan *sheet pile*, serta melakukan observasi lapangan sehingga dapat mengetahui kondisi eksisting di lokasi keruntuhan. Selain itu, dibutuhkan pula data primer berupa shop drawing P14, data uji SPT P14, hasil laboratorium Uji Tanah, dan profil *sheet pile* eksisting.

### **Analisis data**

Analisis data perlukan untuk melakukan pemodelan di dalam program *Plaxis*. Data ini menggunakan data primer yang sudah didapatkan sesuai dengan kondisi zona emplasemen P14. Data-data yang dimuat berupa *layout* eksisting dari struktur dan galian,

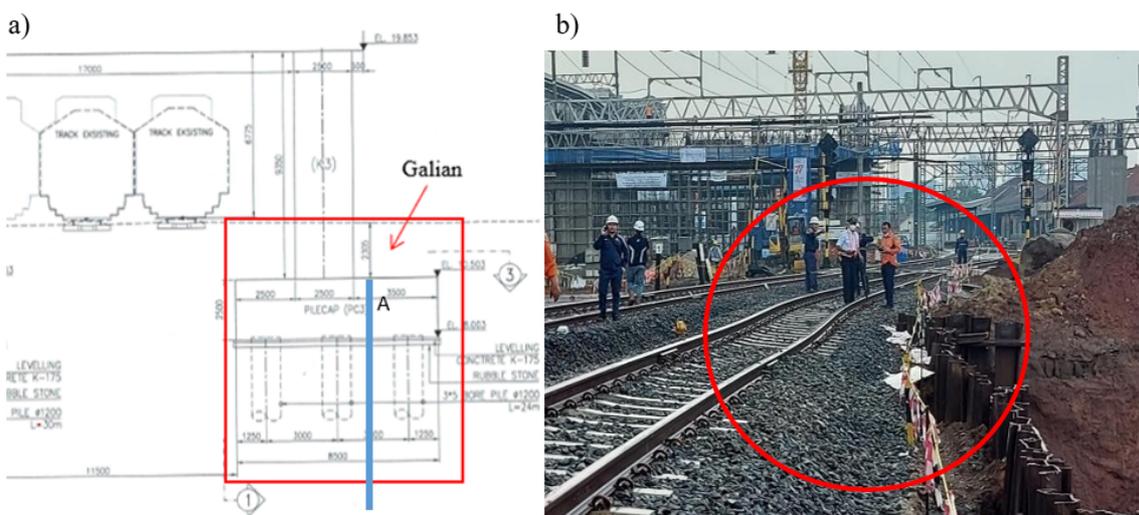
hasil uji laboratorium dan data lapangan berupa *Standart Penetration Test* (SPT). Untuk data laboratorium yang digunakan meliputi indeks properties, uji kuat geser dan uji konsolidasi. Gambar 3. adalah *layout* P14 dan kondisi track yang mengalami penurunan akibat galian di sampingnya, titik A adalah titik uji SPT.

Uji SPT yang dilakukan dengan kedalaman 35 m ini digunakan untuk mengkonfirmasi jenis tanah dan klasifikasi tanah. Berdasarkan hasil uji SPT, klasifikasi tanah yaitu untuk kedalaman 1,50-12,50 m merupakan tanah lempung kelanauan dengan konsistensi sedang, kedalaman 12,50-16,50 m merupakan tanah pasir dengan konsistensi keras, dan kedalaman 16,50-35,00 m merupakan tanah batu lempung dengan konsistensi sangat keras. Rekapitulasi klasifikasi tanah dapat dilihat dari **Tabel 1**.

**Tabel 1. Klasifikasi tanah berdasarkan uji SPT P14**

Kedalaman	N-SPT	Jenis Tanah	Konsistensi
1,50 – 12,50 m	8	Lempung Kelanauan	Sedang
12,50 – 16,50 m	38	Pasir	Keras
16,50 – 35,00 m	>60	Batu Lempung	Sangat Keras

Parameter tanah perlu dilakukan pendekatan empiris sesuai kebutuhan data untuk pemodelan di dalam program *Plaxis*. Dalam penelitian ini digunakan 1 model material yaitu Model Mohr-Coulomb (MC). Pemodelan Mohr-Coulomb mengasumsikan bahwa perilaku tanah bersifat plastis sempurna (*Linear Elastic Perfect Plastic Model*), artinya material akan mengalami deformasi elastis sebelum mencapai suatu keruntuhan, bilamana batas elastis telah terlewati barulah material mencapai kondisi plastis, selanjutnya material mengalami keruntuhan. Input parameter yang dibutuhkan pada Model Mohr-Coulomb meliputi 5 buah parameter yaitu modulus elastisitas, poisson's ratio ( $\nu$ ), sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan kohesi ( $c$ ), Permeabilitas ( $k$ ), dan Berat Isi Tanah ( $\gamma_{sat}$ ).



**Gambar 3. a) *Layout* perencanaan konstruksi dan b) kondisi track yang mengalami penurunan akibat galian**

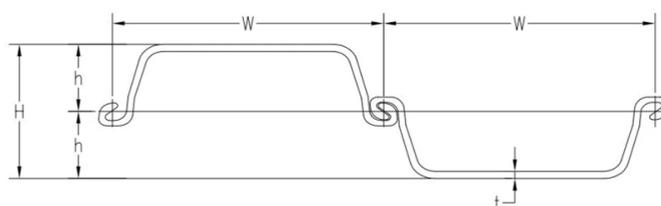
**Pemodelan Struktur**

Model geometri mencakup galian tanah, struktur ballast dan bantalan rel, serta beban yang berkerja pada dinding penahan tanah, ini meliputi beban langsung dari rel, seperti berat rel dan peralatan rel, serta beban dinamis yang dihasilkan oleh kereta api yang melintasi Ballast dan Bantalan. Input material beban mati berdasarkan Peraturan Dinas No 10 Tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Perumka, 1986). Sementara itu, beban aksial kereta yang bekerja pada struktur badan jalan rel dihitung menggunakan beban gandar maksimum dengan berdasar kepada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012. Jalur track di Stasiun Manggarai memiliki lebar gandar 1067 mm dan menggunakan gaya gandar (Pg) sebesar 18 ton. Sementara itu, kecepatan maksimum kereta api sebesar 350 km/jam. Untuk perhitungan pembebanan selanjutnya digunakan beban maksimum, yaitu beban yang berada pada ballast tepat di bawah roda sebesar 9 kN.

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil uji lapangan dan uji lab untuk parameter tanah dirangkum pada **Tabel 2** sedangkan untuk parameter ballast disajikan pada Tabel 3. Tabel 4 dan Tabel 5, berturut-turut menyajikan data parameter bantalan dan *plates*. Data ini diperlukan sebagai input parameter untuk simulasi menggunakan *Plaxis*.

Hasil perhitungan *Plaxis* menyebutkan bahwa galian dengan perkuatan *sheet pile* seperti pada Gambar 4., memiliki *total displacement* sebesar 0,655 m (sesuai dengan eksisting), yang artinya terjadi perpindahan total sebesar 0,655 m pada galian tanah yang dimodelkan. *Total displacement* mengacu pada perpindahan atau perubahan posisi keseluruhan dari titik referensi pada galian tanah. Hasil dari kalkulasi diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Nilai 0,655 m menunjukkan besarnya perpindahan total yang terjadi pada galian tersebut sebagai respons terhadap pembebanan yang diberikan dalam model *Plaxis*. Perpindahan total ini mencakup perubahan posisi horisontal dan vertikal dari titik referensi pada galian tanah, dimana kesimpulannya nilai tersebut mungkin mencakup perpindahan dalam kedua arah. Setelah mengevaluasi faktor keamanan dari galian P14, didapatkan *SF* dengan nilai kurang dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa galian tersebut tidak memenuhi kriteria keamanan dan menyebabkan keruntuhan. Potensi keruntuhan galian pun berdampak pada penurunan rel kereta api.



Section	Width	Height	Thickness		Cross Sectional Area	Weight		Elastic Section Modulus	Moment of Inertia	Coating Area (both sides per pile)
	(w)	(h)	Flange (tf)	Web (tw)		Per Pile	Per Wall			
	mm	mm	mm	mm		cm <sup>2</sup> /m	kg/m			
Type II	400	200	10.5	-	152.9	48	120	874	8,740	1.33
Type III	400	250	13	-	191.1	60	150	1,340	16,800	1.44
Type IIIA	400	300	13.1	-	186	58.4	146	1,520	22,800	1.44
Type IV	400	340	15.5	-	242	76.1	190	2,270	38,600	1.61

**Gambar 4. Profil sheet pile eksisting dan spesifikasinya**

**Tabel 2. Rekapitulasi parameter tanah**

Parameter	Symbol	Depth			Units
		1.5-12.5 m	12.5-16.5 m	16.5-35 m	
N-SPT		8	38	>60	
Soil Type		Silty Clay	Silty Sand	Sand	
Consistency		Medium	Stiff	Hard	
Material Model		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	
Drainage Type		Drained	Drained	Drained	
Unsaturated Soil	$\gamma_{unsat}$	16	21	20	kN/m <sup>3</sup>
Saturated Soil	$\gamma_{sat}$	18	22	21	kN/m <sup>3</sup>
Modulus Young	$E$	3000	15000	50000	kN/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	$\nu'$	0.30	0.30	0.30	
Cohesion	$c$	5	4.4	29	kN/m <sup>2</sup>
Inside Corner	$\phi$	33	41	58	o
Permeability	$k$	0.0001	0.00001	0.00001	m/day

**Tabel 3. Data parameter ballast**

Parameter	Symbol	Depth	Units
Material Model		Mohr-Coulomb	
Drainage Type		Drained	
Unsaturated Soil	$\gamma_{unsat}$	19	kN/m <sup>3</sup>
Saturated Soil	$\gamma_{sat}$	21	kN/m <sup>3</sup>
Modulus Young	$E$	14000	kN/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	$\nu'$	0.35	
Cohesion	$c$	30	kN/m <sup>2</sup>
Inside Corner	$\phi$	45	o
Permeability	$k$	0.0086	m/day

**Tabel 4. Data Parameter Bantalan**

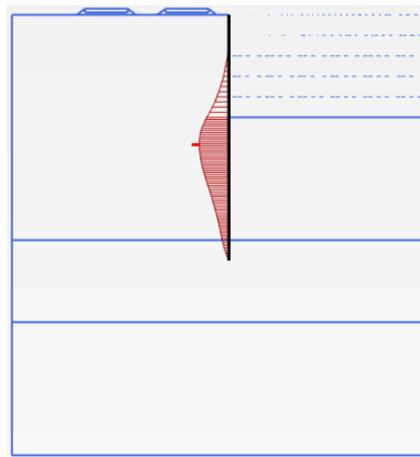
Parameter	Symbol	Depth	Units
Material Model		Linear Elastic	
Drainage Type		Non-Porous	
Unsaturated Soil	$\gamma_{unsat}$	24	kN/m <sup>3</sup>
Saturated Soil	$\gamma_{sat}$	24	kN/m <sup>3</sup>
Modulus Young	$E$	25.33E6	kN/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	$\nu'$	0	
Shear Modulus	$G$	12.67E6	kN/m <sup>2</sup>

**Tabel 5. Data Parameter plates**

Parameter	Symbol	Value	Unit
Type Of Behaviour	Material Type	Elastic	
Normal Stiffness	$EA$	1835000	kN/m
Flexural Rigidity	$EI$	17480	kNm <sup>2</sup> /m
Equivalent Thickness	$D$	0.3381	m
Weight	$W$	73500	kN/m/m
Poisson's Ratio	$\nu$	0.3	

Hasil dari perhitungan, ketika faktor keamanan kurang dari 1, berarti bahwa gaya-gaya atau beban-beban yang bekerja pada galian (seperti berat tanah, tekanan air tanah, dan beban struktural lainnya) melebihi kapasitas daya dukung tanah atau kekuatan struktur galian. Hal ini menyebabkan struktur galian menjadi tidak stabil.

Keruntuhan galian tanah dapat terjadi dalam berbagai bentuk, termasuk penurunan atau kelongsoran tanah di sekitar galian. Dalam kasus ini, keruntuhan yang terjadi ialah menyebabkan penurunan atau pergeseran rel kereta api yang berada di dekat galian. Ini merupakan kondisi yang sangat berbahaya karena dapat menyebabkan gangguan operasional pada jalur rel dan bahkan kecelakaan jika tidak ditangani dengan tepat.

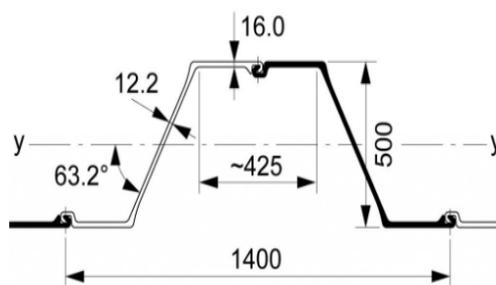


**Gambar 5. Bending moments**

Gambar 5. dan Gambar 6. adalah hasil analisis dari sheet pile eksisting, dengan *total displacement* sebesar 0.655 m. Berdasarkan analisis penyebab keruntuhan dan karakteristik tanah yang dievaluasi, *sheet pile* dengan dimensi tinggi 400 mm, lebar 200 mm, ketebalan 10.5 mm, dan penampang melintang berbentuk "U" tidak mampu menahan gaya lateral dari tanah. Dalam situasi ini, perlu dilakukan desain ulang pemodelan *Plaxis* dengan menggunakan profil *sheet pile* yang lebih efektif untuk kondisi tanah di lapangan. Untuk itu dipergunakan *sheet pile* dengan *type section* ESC-CRZ28-700-12 mm, seperti terlihat pada Gambar 7.



**Gambar 6. Total displacement dinding galian**



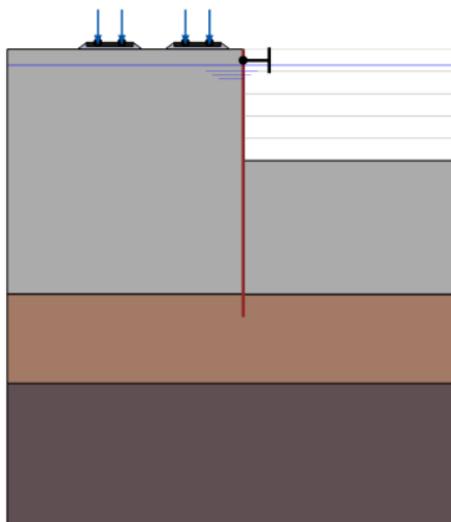
Gambar 7. Sheet pile ESC-CRZ28-700-12mm

Setelah menginterpretasikan hasil analisis untuk memahami efektivitas profil *sheet pile* yang baru dalam menahan gaya lateral tanah dan mencegah keruntuhan dalam memperhatikan faktor keamanan, respons deformasi, dan stabilitas keseluruhan galian, dapat disimpulkan bahwa hasil analisis profil *sheet pile* baru hanya aman untuk galian dengan tinggi 2 m.

Ketika tanah digali sedalam 5 m, *SF* yang dihasilkan adalah 1,097 dimana profil *sheet pile* ini tidak cukup aman untuk galian 5 m karena *SF* kurang dari 1,5. Karena hal tersebut, perlu dilakukan rekayasa struktural dengan menggunakan teknik seperti pemasangan angkur untuk meningkatkan stabilitas dan kekuatan struktur galian. Menurut standar SNI 8460-2017, terdapat dua tipe material untuk angkur, yaitu *freelength* dan *fixedlength*. *Freelength* menggunakan tendon baja dengan modulus elastisitas (*EA*) sebesar 4.295.146 kN/m. Sementara itu, *fixedlength* menggunakan grout beton dengan kekuatan tekan ( $f_c'$ ) sebesar 20 MPa dan *EA* sebesar 1.031.770 kN/m.

Pemasangan angkur sebagai rekayasa struktural tambahan pada dinding penahan tanah sementara dapat memiliki beberapa pengaruh positif terhadap konstruksi eksisting dan stabilitas dinding penahan tanah seperti meningkatkan stabilitas keseluruhan konstruksi, dapat membantu mendistribusikan beban lateral dari dinding penahan tanah ke dalam tanah sekitarnya dengan lebih merata, pemasangan angkur dapat membantu memulihkan dan memperbaiki struktur tersebut, serta dengan adanya angkur, dinding penahan tanah akan memiliki kekakuan tambahan sehingga dapat membantu mengurangi deformasi dan pergeseran struktur.

Dari hasil analisis yang didapat dimana angkur seperti pada Gambar 7., dimodelkan dalam posisi horizontal pada ketinggian 0,5 m terhitung dari permukaan tanah galian didapatkan faktor keamanan sebesar 1,621 seperti terlihat pada Gambar 8., dimana angka tersebut sudah melebihi standar yang berlaku, dengan total displacement sebesar 0.006 m, seperti terlihat pada Gambar 9. Hal ini pun menunjukkan bahwa kondisi tanah setelah digali sedalam 5 m dan dengan adanya beban aktif memiliki stabilitas yang memadai dan potensi keruntuhan tidak teridentifikasi.

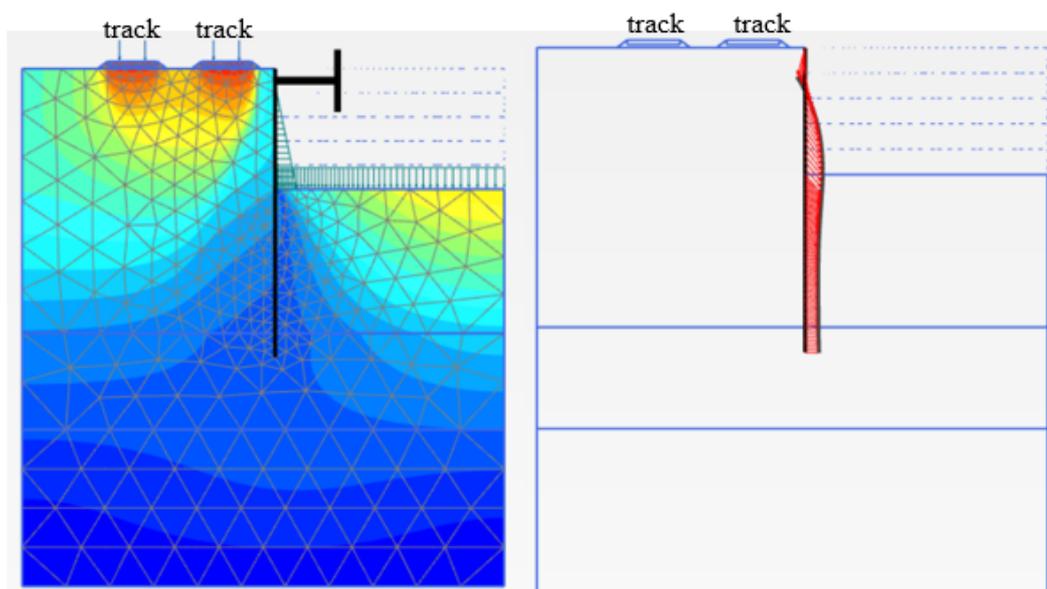


Gambar 8. Pemodelan Angkur

Gambar 8. *Total displacement* setelah pemakaian angkur, skala diperbesar, dengan nilai maksimum 0.006 m

Name	Value
<b>General</b>	
ID	SF Galian 5m [Phase_3]
Start from phase	Galian 5m
Calculation type	Safety
Loading type	Incremental multipliers
$M_{sf}$	0,1000
Pore pressure calculation type	Use pressures from previ
First step	27
Last step	126
Design approach	(None)
Special option	0
<b>Deformation control parameters</b>	
<b>Numerical control parameters</b>	
<b>Reached values</b>	
Reached total time	0,000 day
CSP - Relative stiffness	-0,3662E-9
ForceX - Reached total force X	0,000 kN
ForceY - Reached total force Y	0,000 kN
Pmax - Reached max pp	0,000 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{stage}$ - Reached phase proportion	0,000
$\Sigma M_{weight}$ - Reached weight proportion	1,000
$\Sigma M_{sf}$ - Reached safety factor	1,621

Gambar 9. *Safety factor* galian setelah menggunakan *sheet pile* dan angkur



**Gambar 10. Total displacement dengan menggunakan ankur dengan nilai maksimum 0.006 m (skala diperbesar)**

### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil sebagai hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut; (1) karakteristik geoteknis tanah di lokasi terjadinya keruntuhan dinding galian *pilecap* 14 didapatkan hasil rekapitulasi berdasarkan data hasil uji SPT merupakan tanah lempung kelanauan dengan kekerasan sedang, tanah pasir cukup keras, dan tanah lempung sangat keras, (2) perencanaan perbaikan konstruksi yang dilakukan adalah dengan mengevaluasi ulang desain konstruksi dan melakukan rekayasa struktur pada konstruksi galian. Selain itu, ada penambahan pemasangan ankur pada ketinggian 0,5 m terhitung dari permukaan tanah galian. Hasil dari percobaan ini didapatkan faktor keamanan galian setinggi 5 m yaitu 1,622 dimana angka tersebut sudah memenuhi standar yang berlaku, dengan total displacement sebesar 0.006 m. Hal ini pun menunjukkan bahwa kondisi tanah setelah digali setinggi 5 m memiliki stabilitas yang memadai dan potensi keruntuhan tidak teridentifikasi dengan adanya beban mati berupa ballast dan bantalan dan beban hidup berupa kereta, dan (3) hasil kalkulasi dan analisa tersebut di atas bisa diaplikasikan pada pekerjaan yang sama dikarenakan masih ada beberapa konstruksi dan kondisi geoteknik dari galian yang serupa pada proyek yang sama.

### BIBLIOGRAFI

- Agustian, Y., Setiawan, A., & AshSiddiq, R. H. B. (2020). *Lateral Deformation Estimation on Deep Excavation by Using Elasto-plastic Calculation*.
- Alhadis, I. H. (2022). *Analisis Perkuatan Tanah Dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dan Sheet Pile Baja*.
- Atibrata, A. L., & Listyawan, A. B. (2020). *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Jenis Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) Pada Pekerjaan Galian Apartemen Bengawan Malang*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Elriady, G. Z., & Robby, H. A. (2017). *Analisis Struktur Dinding Penahan Tanggul Rob*

- Dengan Sheet Pile Dan Spun Pile.* Fakultas Teknik UNISSULA.
- Hidayat, R., & Zahro, A. A. (2018). *Identifikasi Curah Hujan Pemicu Longsor di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu Hulu-Banjarnegara.*
- Kurniawan, A., & Rahayu, H. (2022). Kajian Stabilitas Tanah Dengan Steel Sheet Pile Dan Corugated Concrete Sheet Pile Pada Tikungan Luar Sungai Citanduy. *Proceeding Science and Engineering National Seminar*, 7(1).
- Mardizal, J., & Andayono, T. (2023). *Manajemen Irigasi dan Bangunan Air.* EUREKA MEDIA AKSARA, Mardizal.
- Nafis, A., & Setyawan, E. (2021). Analisa stabilitas lereng dan alternatif perkuatan tanah pada jalur kereta api cepat jakarta-bandung menggunakan aplikasi plaxis 8.6. *Bangunan*, 26(1), 29–44.
- Nesya, B. H., & Putro, H. (2022). Perencanaan Penggunaan Sheet pile pada Proyek Pembangunan Fasilitas Perkeretaapian Untuk Manggarai S/D Jatinegara Paket A Tahap II “Mainline I.” *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(5), 5619–5633.
- Pamungkas, M. T. R. Y. Y. (2021). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Dan Pondasi Bored Pile Menggunakan Program Plaxis 8.6 Pada Jembatan Kiringan Sungai Opak.*
- Perumka. (1986). *Peraturan Dinas (PD) No 10, Tahun 1986 PT. KERETA API INDONESIA (Persero).*
- Pontoh, A. N., & Ramadhan, M. F. W. (2022). Penggunaan Sheet Pile Sebagai Perkuatan Tebing Sungai Dondang Di Lokasi Proyek Blc2 Pt. Kutai Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 27(2), 275–287.
- Pratama, R. B., Muhibbi, I. M., Atmanto, I. D., & Hardiyati, S. (2014). Analisis Stabilitas Lereng Dan Alternatif Penanganannya (Studi Kasus Longsoran Jalan Alternatif Tawangmangu Sta 3+ 150–Sta 3+ 200, Karanganyar). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(3), 573–585.
- Rachman, D. N., Riwayati, R. R. S., & Hidayat, A. (2022). Aplikasi Program Plaxis 2D untuk Menghitung Safety Factor Perkuatan Tebing Sungai Sekanak Sepanjang 240m dengan Menggunakan Sheet Pile. *Jurnal Deformasi*, 7(1), 46–55.
- Satmoko, K. H. (2023). *Penilaian Keselamatan Kontruksi pada Pekerjaan Tunneling dengan memanfaatkan Foto Kontruksi (Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendungan Manikin).* Universitas Islam Indonesia.

---

**Copyright holder:**

Yanyan Agustian, Mughsyfa Nafizia Arfah, Raden Herdian Bayu Ash Shiddiq (2024)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

