

Pemodelan Penanganan Longsoran Jalur Kereta Api di KM 19+314 Antara Maseng – Cigombong dengan Plaxis 2D

MUHAMAD ADRIAN RAHARDI¹, INDRA NOER HAMDHAN²

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional
2. Dosen, Institut Teknologi Nasional

Email: adrianrahardi7@gmail.com

ABSTRAK

Dilokasi KM 19+314 terdapat galian eksisting yang diperkuat oleh sheetpile yang menjadi bagian pembangunan *double track* dicurigai menjadi penyebab gerakan pada tubuh jalan kereta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng dengan mempertimbangkan beban gempa. Analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan program PLAXIS 2D berbasis metode elemen hingga. Berdasarkan pemodelan menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan tidak aman berdasarkan tinjauan di daerah kiri dengan nilai faktor keamanan (FK) tanpa beban gempa sebesar 1.136 dan dengan beban gempa kurang dari 1. Nilai FK ini menunjukkan bahwa lereng sebelah kiri tidak aman sesuai SNI 8460:2017 dimana tanpa beban gempa FK lebih besar dari 1,5 dan dengan beban gempa lebih besar dari 1,1. Hasil pemodelan perkuatan tambahan menunjukkan bahwa perkuatan struts baja yang dipasang kedalam tanah lebih efektif meningkatkan FK sebesar 46,039 % dibandingkan dengan perkuatan yang lain dikarenakan panjang struts tersebut akan mengenai lapisan baru dan memotong bidang gelincirnya.

Kata kunci: Analisis Stabilitas Lereng, Sheet Pile, Cerucuk, Struts Baja, PLAXIS 2D

1. PENDAHULUAN

Dilokasi KM 19+314 di antara Maseng-Cigombong dimana terdapat galian eksisting yang diperkuat oleh *sheetpile* yang menjadi bagian pembangunan *double track* dicurigai menjadi penyebab gerakan atau amblesan pada tubuh jalan kereta. Dikarenakan untuk KM 19+314 bersifat sementara alternatif penanganan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Alternatif - 1 (penanganan KM. 19+314 : Perkuatan dengan cerucuk baja)
2. Alternatif - 2 (penanganan KM. 19+314: Perkuatan dengan struts baja)

2. LANDASAN TEORI

2.1 Stabilitas Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga dibuat oleh manusia. Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng. Analisis stabilitas lereng secara teknis dapat didefinisikan sebagai nilai faktor keamanan (*safety factor*) dari bidang lereng, Faktor keamanan (FK) didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara gaya yang menahan dan gaya

yang menggerakkan. Faktor keamanan lereng yang disyaratkan berdasarkan SNI 8460 : 2017 untuk analisis kestabilan lereng tanah adalah lebih dari 1,5.

2.2 Metode *Shear Strength Reduction*

Faktor keamanan dari lereng didapat menggunakan pendekatan yaitu metode pengurangan kekuatan geser tanah (*Shear Strength Reduction Factor*) atau biasa disebut phi-c reduction. Metode ini menggunakan pendekatan reduksi phi-c, parameter $\tan\phi$ dan c dari tanah yang direduksi hingga keruntuhan tercapai. Faktor pengali total $\sum Msf$ digunakan untuk mendefinisikan parameter kekuatan tanah pada suatu tahapan tertentu dalam analisis sama dengan $\tan\phi$ masukan dibagi $\tan\phi$ tereduksi sama dengan kohesi (c) masukan dibagi kohesi (c) tereduksi, atau dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\sum Msf = \frac{\tan\phi}{\tan\phi \text{ reduced}} = \frac{c}{c \text{ reduced}}$$

2.3 Plaxis 2D

Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik.

3. METODOLOGI

Pada metodologi penelitian ini dilakukan beberapa tahapan. Tahapan yang pertama yaitu tahapan rumusan masalah dimana tahapan ini dilakukan rumusan dan batasan dari permasalahan yang dibahas dalam kemudian tahapan kajian Pustaka yaitu mencari referensi literatur dari berbagai sumber yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Berikutnya tahapan pengumpulan data dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk pemodelan lereng yang akan dilakukan analisis. Data yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data hasil penyelidikan di lapangan berupa SPT sebanyak 1 titik dan data topografi pada lereng KM 19+314. Selanjutnya yaitu tahapan pemodelan menggunakan Program PLAXIS 2D. Pemodelan lereng dibuat dalam 3 kondisi yaitu kondisi eksisting dimana terdapat galian eksisting yang diperkuat oleh *sheetpile*, kondisi perkuatan menggunakan cerucuk baja dan menggunakan struts baja di KM 19+314. Di akhir akan dilakukan tahapan analisis stabilitas lereng dan pembahasan dimana analisis hasil dari pemodelan lereng yang dilakukan adalah untuk memperoleh nilai faktor keamanan dari lereng asli dan lereng dengan opsi – opsi kombinasi perkuatan yang digunakan.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi dalam penelitian ini adalah di jalur kereta api antara Maseng-Cigombong Wilayah DAOP 1 Jakarta. Di eksisting KM 19+314 terdapat pembangunan jalur ganda dan mengalami amblesan. Hal tersebut dikarenakan juga posisi elevasi jalur eksisting saat ini cukup tinggi dan mengakibatkan pergeseran tanah yang dikhawatirkan dapat mengakibatkan eksisting mengalami pergeseran.

4.2 Pengumpulan Data

Penyelidikan geoteknik dilaksanakan menggunakan bor teknik dan *Standar Penetration Test* yang dapat dilihat pada **Tabel 1**

Tabel 1. Parameter tanah

Layer	Soil Behaviour	Depth (m)	N	C' (kN/m ²)	φ' (°)	ψ (°)	γ _n (kN/m ³)	E _s (kN/m ²)	ν
1	Lime Stone	-	-	30	45	0	17	25000	0.3
2	Tanah Timbunan	-	-	19	25	0	17	10000	0.4
3	Soft Clay	0 – 4	4	20	25	0	17	10000	0.4
4	Stone	4 – 5	-	25	43	10	20	100000	0.3
5	Soft Clay	5 – 12	4	20	25	0	17	10000	0.4
6	Medium Clay	12 – 14	6	28	25	0	17	15000	0.4
7	Stiff Clay	14 – 22	10	40	30	0	18	50000	0.4
8	Very Stiff Clay	22 – 26	16	60	28	0	18	75000	0.4
9	Stiff Clay	26 – 30	12	40	30	0	18	50000	0.4

4.3 Data Gempa

Data gempa di dasari dari klasifikasi situs diambil dari tahanan penetrasi standar lapangan rata – rata. Diperoleh tahanan penetrasi standar rata-rata \bar{N} dengan nilai penetrasi standar rata – rata sebesar 7,77. Lokasi penelitian ini masuk kedalam kelas situs SE (tanah lunak). Kemudian menentukan faktor amplifikasi diperlukan nilai percepatan puncak di permukaan/*Peak Ground Acceleration* (PGA). PGA bisa didapat dari desain spektra indonesia. Dengan menggunakan tabel Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik (F_{pga} dan F_a) didapat nilai faktor amplifikasi (FPGA) berdasarkan PGA sebesar 0,9. Berikutnya dihitung koefisien seismik dan koefisien gempa input untuk analisis gempa pada software PLAXIS 2D sebagai berikut :

Koefisien seismik

$$\begin{aligned} K_h &= 0,5 \times \text{PGA} \\ &= 0,5 \times 0,5167 \\ &= 0,25835 \end{aligned}$$

Koefisien gempa

$$\begin{aligned} \alpha &= k_h \times F_{\text{PGA}} \\ &= 0,25835 \times 0,9 \\ &= 0,232515 \end{aligned}$$

4.4 Data Parameter Perkuatan

Berikut merupakan data alternatif perkuatan yang akan dianalisis adalah cerucuk baja dan struts baja.

1. Data perkuatan cerucuk rel

Rel yang digunakan adalah R42 kondisi bekas (tidak terpakai) dan parameter cerucuk dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2. Parameter cerucuk rel

Parameter		Unit
E	2 x 10 ⁸	kN/m ²
EA	1085200	kN/m
EI	2738	Kn/m ²
w	0.418	kN/m

2. Data perkuatan struts baja

Struts baja ini digunakan sebagai pengaku/penahan agar pergeseran sheet pile dapat diminimalisir. Profil struts yang digunakan adalah tipe H-Beam HB 350 dan parameter cerucuk dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Parameter struts baja

Parameter		Unit
E	2×10^8	kN/m ²
EA	3478000	kN/m
EI	80600	Kn/m ²
w	0,417	kN/m

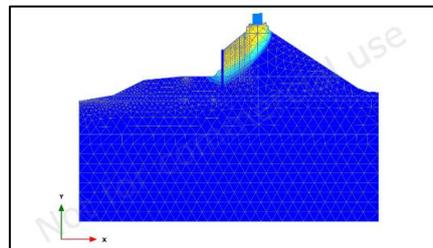
4.5 Analisis Stabilitas Lereng

Dalam penelitian tugas akhir ini dimodelkan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan PLAXIS 2D. Alternatif penanganan yang telah dipertimbangkan sesuai dengan indikasi kejadian yang terjadi dilapangan. Dilokasi KM 19+314 dimana terdapat galian eksisting yang diperkuat oleh sheetpile yang menjadi bagian pembangunan double track dicurigai menjadi penyebab gerakan/amblesan pada tubuh jalan kereta di area pangkal jembatan BH 118. Alternatif penanganan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Alternatif - 1 (penanganan KM. 19+314 : Perkuatan dengan cerucuk)
2. Alternatif - 2 (penanganan KM. 19+314: Perkuatan dengan struts)

4.5.1 Analisis Stabilitas Lereng Setelah Galian dan Perkuatan *Sheet Pile*

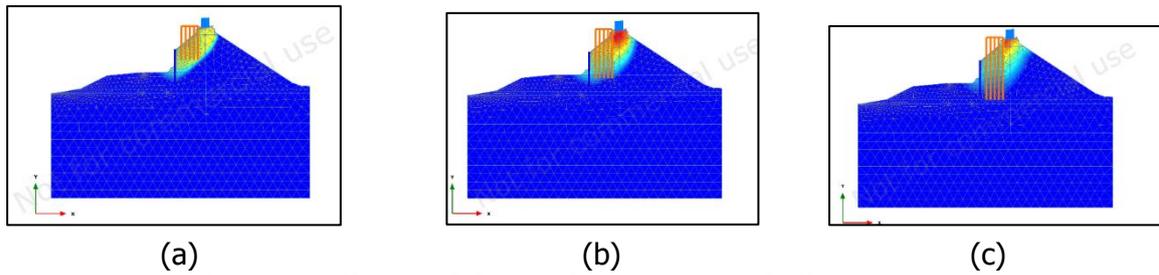
Berdasarkan pemodelan menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan tidak aman berdasarkan tinjauan di daerah kiri dengan keruntuhan lereng jenis *face failure* dengan nilai faktor keamanan (FK) tanpa beban gempa sebesar 1.136 dan dengan beban gempa kurang dari 1 yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. Nilai FK ini menunjukkan bahwa lereng sebelah kiri tidak aman sesuai SNI 8460:2017 dimana tanpa beban gempa FK lebih besar dari 1,5 dan dengan beban gempa lebih besar dari 1,1. Maka dapat disimpulkan setelah dilakukan pekerjaan galian dan diperkuat *sheet pile* menunjukkan lereng sebelah kiri mengalami kelongsoran.



Gambar 1. Hasil Pemodelan Sesudah Galian KM 19+314

4.5.3 Analisis Perkuatan Lereng dengan Cerucuk Baja

Cerucuk baja rel yang dipasang berderet dengan jarak antar cerucuk sebesar 0.5 m dan dipasang sebanyak 5 lapis dengan panjang penetrasi bervariasi. Cerucuk direncanakan untuk menahan pergerakan tanah dengan menanamnya ke tanah. Dalam menentukan kedalaman cerucuk di variasikan berdasarkan 3 panjang yaitu 8, 12, 16 meter seperti terlihat pada **Gambar 2**. Berdasarkan pemodelan menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan aman jika panjang cerucuk di perdalam. Dapat dilihat jika panjang cerucuk di pertambah maka SF semakin meningkat. Cerucuk dengan panjang kedalaman sebesar 8m tidak mencapai SF lebih dari 1.5 bisa disebabkan karena cerucuk tidak memotong bidang gelincir lereng dengan sepenuhnya dan tidak mencapai lapisan tanah baru.



Gambar 2. Hasil Pemodelan Perkuatan Cerucuk di KM 19+314

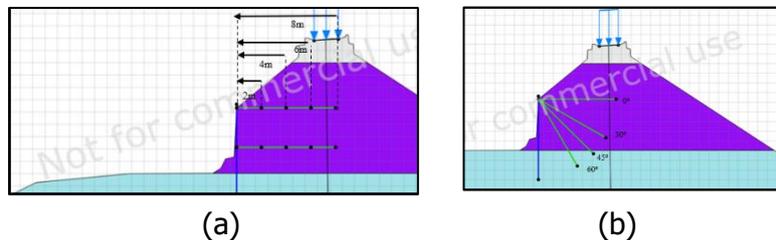
Berikut rekapitulasi data output faktor keamanan di KM 19+314 dengan penanganan cerucuk dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai FK di KM 19+314 dengan Cerucuk

		FK (Statis)	FK (Gempa)
Kedalaman (m)	8	1.211	<1
	12	1.469	1.091
	16	2.01	1.150

4.5.4 Analisis Perkuatan Lereng Dengan Struts Baja

Perkuatan struts direncanakan dipasang pada lereng galian dengan sudut yang bervariasi terhadap bidang datar yang dapat dilihat pada **Gambar 3**



Gambar 3. Variasi Struts

Jika dilihat berdasarkan hasil pemodelan FK mengalami perubahan jika panjang struts di perbesar hal ini menunjukkan perubahan panjang struts akan berpengaruh dalam memotong bidang gelincir longsor lereng tersebut. Tapi jika dilihat dari struts baja dengan kedalaman 2m FK mengalami perubahan yang naik turun karena tidak ada kekuatan pendukung yang besar dari tanah nya. Sedangkan jika kita lihat di mulai dari struts baja dari kedalaman 4 – 8 m bila sudut posisinya digeser mendekati vertikal justru mengalami peningkatan hal ini dikarenakan semakin vertikal sudut dari struts baja akan membuat panjang struts tersebut mengenai lapisan baru dan memotong bidang gelincirnya. Berikut rekapitulasi data output faktor keamanan di KM 19+314 dengan perkuatan cerucuk dalam tanpa beban gempa dan dengan beban gempa dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai FK di KM 19+314 tanpa dan dengan beban gempa

		Kedalaman (m)			
		2	4	6	8
Sudut (o)	0	1,178	1,195	1,266	1,413
	30	1,170	1,178	1,290	1,422
	45	1,168	1,208	1,317	1,478
	60	1,164	1,220	1,352	1,659

		Kedalaman (m)			
		2	4	6	8
Sudut (o)	0	<1	<1	<1	<1
	30	<1	<1	<1	1,075
	45	<1	<1	1,024	1,114
	60	<1	<1	1,055	1,141

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Didapat dilereng kiri setelah terjadi proses galian nilai faktor keamanan tanpa beban gempa sebesar 1.136 dan dengan beban gempa kurang dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa pekerjaan galian menjadi penyebab terjadinya longsor.
2. Berdasarkan pemodelan menunjukkan bahwa lereng akan bertambah aman jika panjang cerucuk di perdalam karena cerucuk akan memotong bidang gelincir lereng dan mencapai lapisan tanah baru.
3. Sedangkan untuk perkuatan dengan struts baja didapat jika struts baja dipasang dengan menanamnya ke tanah faktor keamanan mengalami perubahan jika panjang struts di perbesar dan sudut di perlebar karena panjang struts tersebut akan mengenai lapisan baru dan memotong bidang gelincirnya.

5.2 Saran

1. Dikarenakan penanganan bersifat sementara dan terdapat pekerjaan *double track* diperlukan data DED pekerjaan tersebut untuk menyelaraskan perencanaan perkuatan yang akan dilakukan agar pelaksanaan tidak mengganggu satu sama lain.
2. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pemodelan dengan Plaxis 3D agar mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang kondisi lereng di lapangan dan susunan perkuatan yang diarahkan sepanjang lereng.

UCAPAN TERIMAKASIH

National Geotechnic Center Institut Teknologi Nasional Bandung yang telah memberi akses lisensi akademik software PLAXIS.

DAFTAR RUJUKAN

- R.F. Craig (1989). Mekanika Tanah Edisi 4. (Budi Susilo S., Terjemahan). Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Das, Bradja M., Endah Noor., 1994. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- SNI 8460:2017. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah II. Yogyakarta: Gadjah Mada University.