

# ANALISIS STABILITAS *DIAPHRAGM WALL* TERHADAP DEFORMASI HORIZONTAL DAN BENDING MOMEN PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL BALSAM MENGGUNAKAN *SOFTWARE PLAXIS 2D*

Azeglio Fenichi Correia Pinto<sup>1</sup>, Chandra Afriade Siregar<sup>2</sup>, Hendra Garnida<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

<sup>1</sup>korespondensi: azegliofcp@gmail.com

## ABSTRAK

*Kondisi tanah pada pembangunan jalan Tol BALSAM tepatnya di area STA. 9+700 memiliki kondisi tanah lunak, sehingga perlu dilakukan analisis terhadap kondisi tanah di area tersebut dengan menggunakan software PLAXIS 2D untuk mengetahui kondisi lereng normal dan kondisi lereng dengan perkuatan. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau stabilitas global lereng dengan kondisi normal, dan kondisi lereng dengan perkuatan mini pile, diaphragm wall serta mini pile dan diaphragm wall. Manfaat penelitian adalah untuk mengetahui deformasi horizontal dan bending momen yang terjadi pada perkuatan mini pile dan diaphragm wall dengan menggunakan software PLAXIS 2D. Metodologi penelitian ini adalah untuk menganalisis stabilitas global lereng dengan empat tahapan yaitu stabilitas global lereng kondisi normal, stabilitas lereng dengan perkuatan mini pile, stabilitas global lereng dengan perkuatan diaphragm wall serta stabilitas global lereng dengan perkuatan mini pile dan diaphragm wall. Analisis dilakukan menggunakan software PLAXIS 2D dengan menganalisis stabilitas global lereng kondisi normal dan kondisi lereng dengan perkuatan mini pile dan diaphragm wall, analisis dibagi dengan empat tahap yaitu stabilitas global lereng kondisi normal, stabilitas global lereng kondisi perkuatan mini pile terhadap deformasi horizontal dan bending momen, analisis stabilitas global lereng kondisi perkuatan diaphragm wall terhadap deformasi horizontal dan bending momen serta stabilitas global lereng perkuatan mini pile dan diaphragm wall terhadap deformasi horizontal dan bending momen. Membandingkan hasil analisis stabilitas global atau faktor keamanan minimum lereng (SNI GEOTEKNIK 8460:2017) dan deformasi total dari keempat tahapan analisis dengan menggunakan software PLAXIS 2D.*

*kata kunci : Tol BALSAM, Stabilitas Global, Faktor Keamanan, Mini Pile, Diaphragm Wall, Deformasi Horizontal, Bending Momen dan PLAXIS 2D.*

## PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan Timur telah dibangun jalan tol pertama yang dibangun di Pulau Kalimantan, jalan tol tersebut akan menghubungkan dua kota besar di Kalimantan Timur yaitu Kota Balikpapan dan Kota Samarinda. Panjang ruas jalan tol yang telah dibangun untuk menghubungkan dua kota besar di Kalimantan Timur adalah 99,35 km tepatnya di Kota Balikpapan dan Kota Samarinda yang dibagi dalam V seksi, dengan adanya jalan tol pertama di Kalimantan Timur tersebut diharapkan akan memperlancar ekonomi masyarakat setempat

di Kalimantan Timur khususnya di Kota Balikpapan dan Kota Samarinda dan memangkas waktu tempuh perjalanan diantara kedua Kota tersebut dan rencananya akan menghubungkan ke Ibu Kota Negara yang akan dibangun di Pulau Kalimantan oleh Pemerintah Pusat, dan nama jalan tol tersebut adalah Tol BALSAM (Balikpapan dan Samarinda) [1].

Dalam pelaksanaan jalan tol tersebut terdapat adanya kondisi tanah lunak atau longsoran di area STA. 9+700 sehingga perlu adanya peninjauan terhadap tanah di area STA. 9+700, diperlukan perencanaan yang khusus

untuk menangani longsoran atau tanah lunak tersebut, guna menangani masalah longsoran dan tanah lunak di area STA. 9+700 diperlukan perkuatan terhadap lereng dengan menggunakan perkuatan *mini pile* dan *diaphragm wall* untuk meningkatkan daya dukung tanah dan stabilitas global lereng dari pembangunan jalan tol yang direncanakan [2].

Metode pengambilan data tanah menggunakan *boring* N-SPT, yang dimana untuk mengetahui jenis dan klasifikasi dari lapisan – lapisan tanah tersebut, sehingga dapat menganalisa daya dukung tanah serta stabilitas global lereng kondisi normal agar dapat mengetahui kondisi normal lereng di area STA. 9+700 untuk dianalisa lebih lanjut. Dari data tanah tersebut dapat diketahui kondisi tanah dan lereng normal di area STA. 9+700, sehingga dapat mendesain perkuatan *mini pile* dan *diaphragm wall* yang sesuai dengan lapisan – lapisan tanah dari pembangunan jalan tol yang direncanakan, sehingga perkuatan yang direncanakan untuk memperkuat lereng di area STA. 9+70 yaitu perkuatan *mini pile* dan *diaphragm wall* kuat dan stabil untuk menahan beban bangunan badan jalan yang berada di atasnya dan tidak terpengaruh terhadap longsoran yang terjadi sehingga dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan dan kestabilan struktur pada badan jalan tersebut[3].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Tanah

Defenisi tanah dalam pandangan ilmu teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik

dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*)[4]. Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun yang lainnya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan dapat berupa proses fisik maupun kimiawi [5].

### Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang sama dalam kelompok maupun subkelompok berdasarkan pemakaiannya.

Untuk tujuan rekayasa sebagian besar sistem klasifikasi tanah dikembangkan berdasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti halnya distribusi ukuran tanah dan plastisitas tanah [6].

### Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah merupakan usaha perbaikan sifat-sifat asli tanah sehingga tanah dapat digunakan untuk suatu tujuan tertentu. Ada kalanya tanah asli atau tanah timbunan yang ada di lapangan tidak memenuhi persyaratan teknis, misalnya mudah menyerap air dan tidak tahan terhadap kondisi alam seperti cuaca, longsoran. Selain itu, terdapat pengaruh akibat tanah sendiri seperti jenis tanah, pemadatan yang besar, permeabilitas

tinggi, dan sifat-sifat buruk lainnya [7]. Akibat dari hal-hal tersebut, tanah tidak dapat dimanfaatkan. Adapun beberapa metode stabilitas atau perbaikan tanah yaitu:

- a. Perbaikan tanah secara mekanis: gilasana, tumbukan, getaran.
- b. Perbaikan tanah dengan perkuatan: Cerucuk kayu, *mini pile*, *diaphragm wall*, tiang,dll.
- c. Perbaikan tanah dengan bahan kimia: *Soil Cement*, *Soil Lime*, dan bahan kimia buatan pabrik lainnya.

### Stabilitas Diaphragm Wall Terhadap Lereng

Pada pembangunan jalan tol BALSAM terdapat adanya tanah lunak pada STA. 9+700, oleh karena itu pada area STA. 9+700 dibangun *diaphragm wall* untuk menghindari akibat terjadinya longsor pada badan jalan.

Dalam merencanakan stabilitas *diaphragm wall* terhadap lereng perlu adanya analisis terhadap faktor keamanan global, bending momen dan deformasi horizontal. Runtuhnya suatu dinding penahan tanah atau *diaphragm wall*, biasanya dimulai dengan terjadinya akibat gejala longsor baik pada lereng maupun pada *diaphragm wall* akibat

ketidakstabilan. Oleh karena itu, dalam pembangunan suatu diaphragm wall terhadap lereng stabilitas merupakan kunci dari faktor keamanan struktur *diaphragm wall* [8].

### Keruntuhan Mohr Coulomb

Keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa, keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser [9]. Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb memunculkan suatu persamaan yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$\tau_f = c + \sigma * \tan \phi \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

c = kohesi

$\phi$  = sudut geser dalam

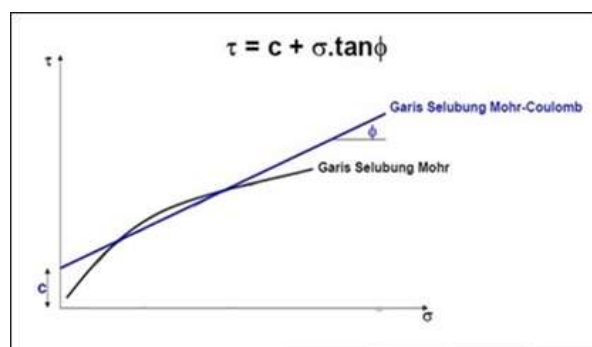
Pada kondisi tanah jenuh air, besar tegangan normal total pada sebuah titik sama dengan jumlah tegangan efektifnya ditambah dengan tegangan air pori atau dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = c + (\sigma - u) \tan \phi = c + \sigma' \tan \phi \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

$\sigma'$  = tegangan efektif pada tanah

u = tegangan air pori



Gambar 1: Keruntuhan Mohr-Coulomb untuk kekuatan geser tanah

**Reduksi Phi – C (Phi – C Reduction)**

Pada metode elemen hingga terdapat suatu prosedur perhitungan yang disebut dengan reduksi phi-c. Prosedur ini menghitung faktor keamanan dengan cara membandingkan kekuatan awal tanah terhadap kekuatan minimum yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi setimbang.

$$FK = \frac{\text{Kekuatan yang tersedia}}{\text{Kekuatan saat kondisi runtuh}} \dots\dots(3)$$

atau,

$$FK = \frac{C \text{ input}}{C \text{ reduksi}} = \frac{\tan \phi \text{ input}}{\tan \phi \text{ reduksi}} \dots\dots\dots(4)$$

Jika mekanisme keruntuhan belum sepenuhnya tercapai, maka perhitungan diulang kembali oleh *software*. Pada metode ini kuat geser material secara progresif

dikurangi hingga mencapai kondisi keruntuhan. Oleh karena itu, dalam hal ini tanah dimodelkan sebagai material elasto-plastis. *Software* yang digunakan dalam analisis menggunakan metode elemen hingga ini adalah dengan bantuan PLAXIS 2D.

**Faktor Keamanan Lereng**

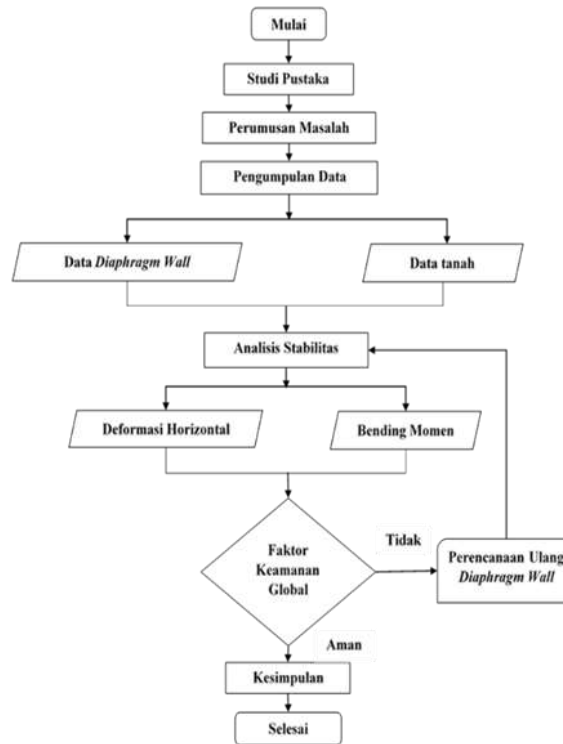
Nilai angka keamanan (*Safety Factor*, FK) yang digunakan dalam analisa perkuatan terhadap Stabilitas lereng mengacu pada SNI 8460:2017 – Persyaratan Perancangan Geoteknik[10], yaitu sebagai berikut:

1. Angka keamanan minimum kondisi service (FKservice = 1,5).
2. Angka keamanan minimum kondisi seismik (FKseismik = 1,1).

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah <sup>a</sup>	Tinggi <sup>b</sup>
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih
<sup>a</sup> Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan. <sup>b</sup> Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.		

**Tabel 1: Nilai Keamanan Untuk Lereng (SNI GEOTEKNIK 8460:2017)**

**METODE**



Gambar 2: Diagram bagan alir

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Properties Material Tanah**

Properties material tanah yang akan diinput kedalam program PLAXIS 2D untuk

menganalisis stabilitas tanah, berat tanah sendiri maupun deformasi yang terjadi pada tanah *existing*.

Parameter	Material						Unit
	Lempung Coklat	Lempung Coklat Keras I	Lempung Coklat Keras II	Pasir Halus	Lempung Coklat Sangat Keras I	Lempung Coklat Sangat Keras II	
Model Material	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	-
Type of Material Behavior	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	-
Soil Unit Weight Above Phreatic Level ( $\gamma_{unsat}$ )	14,50	15,50	14,50	16,00	17,50	17,50	KN/m <sup>3</sup>
Soil Unit Weight Below Phreatic Level ( $\gamma_{sat}$ )	16,50	16,50	15,50	17,00	18,50	18,50	KN/m <sup>3</sup>
Modulus Young (E')	6300	1200	1400	9958	13040	13040	KN/m <sup>2</sup>
Poisson Ratio ( $\nu'$ )	0,30	0,30	0,30	0,15	0,30	0,30	-
Cohesion (c')	15,0	3,0	3,5	1,0	32,6	32,6	KN/m <sup>2</sup>
Friction Angle ( $\phi'$ )	20	18	20	28	23	23	°
Dilatancy Angle ( $\Psi$ )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	°
Strength Reduction Factor Interface (R <sub>inter</sub> )	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	-

Tabel 2: Properties Material Tanah Yang Diinput Dalam Program PLAXIS 2D

### Properties Material Tanah Timbunan

Parameter tanah timbunan akan digunakan sebagai acuan untuk mendesain struktur tanah timbunan dan sebagai acuan parameter

dasar dalam melakukan analisa terhadap Stabilitas, deformasi horizontal dan bending momen pada struktur perkuatan *diaphragm wall*. [8]

Soil Type	Drained Parameter				$\gamma_{sat}$	$\gamma_{unsat}$
	Ed	$\nu$	$c'$	$\phi'$		
	KN/m <sup>2</sup>				KN/m <sup>3</sup>	KN/m <sup>3</sup>
Tanah Timbunan	11400	0,25	3,0	31	18,00	17,00
Material Granular	11400	0,25	1,0	28	17,00	16,00

Tabel 3: Parameter Tanah Timbunan

### Properties Material Struktur

Properties material struktur yang akan digunakan dalam inputan pemodelan menggunakan bantuan program PLAXIS 2D.

No.	Type of Structure	$f_c$	D	$\tau$	$E_{material}$	$I_{material}$	$A_{material}$	EA	EI	w
		Mpa	m	mm	KN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup> /m	m <sup>2</sup> /m	KNm	KNm <sup>2</sup> /m	KN/m
1	MINIPILE 200 x 200 mm	42	-	-	30300000	0,000133	0,04	1211000	4036,917	1,00
2	DIAPHRAGM WALL	30	0,6	-	25700000	0,015000	0,60	15450000	465000	14,40

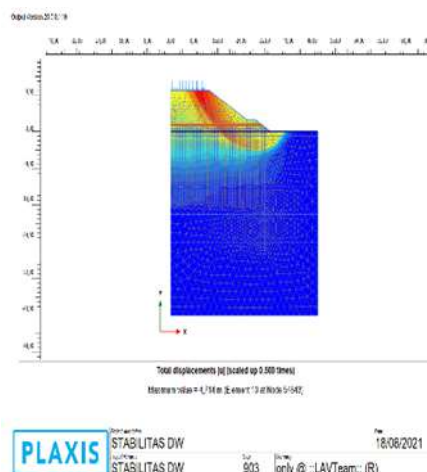
Tabel 4: Properties Material Struktur

### Analisa Stabilitas Global Pada Area STA.9+700 Lereng Existing

Hasil analisa stabilitas global lereng dan deformasi total pada kondisi normal tanpa menggunakan perkuatan *mini pile* dan

*diaphragm wall* dengan menggunakan metode element hingga (PLAXIS 2D Analisis).

Stabilitas global lereng kondisi normal di area STA. 9+700 BH – 02



Gambar 3: Stabilitas global lereng kondisi normal di area STA. 9+700 BH – 02

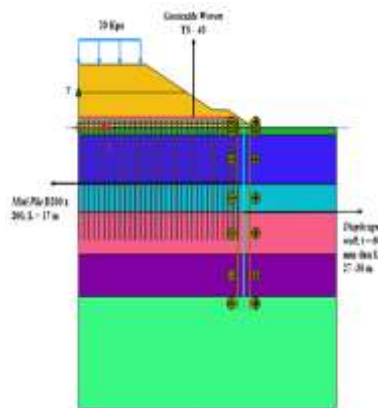
Deformasi total yang terjadi pada lereng dengan kondisi normal tanpa perkuatan di

area STA. 9+700 BH – 02 sebesar 4,714 m. Sedangkan Faktor Keamanan (FK) global

atau stabilitas global lereng dengan kondisi normal pada area STA 9+700 BH – 02 tanpa menggunakan perkuatan *diaphragm wall* maupun pemasangan *mini pile* adalah  $1,207 < \text{Faktor Keamanan (SF min)} = 1,5$  (SNI GEOTEKNIK 8460:2017).

### Pemodelan Lereng Pada Area STA. 9+700 Lereng Dengan Perkuatan

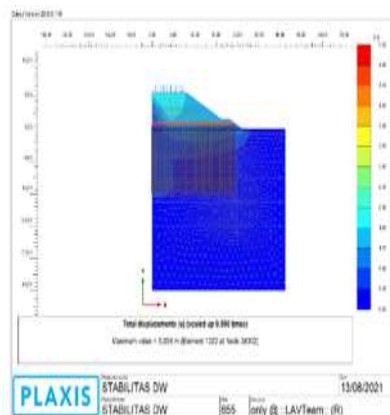
Stabilitas lereng pada area STA 9+700 akan ditinjau dengan kondisi perkuatan *diaphragm wall*, *geotextile* dan *mini pile*. Serta pada kondisi layanan normal, berikut ini akan diuraikan hasil analisa beserta perkuatan yang digunakan untuk menstabilkan lereng.



Gambar 4: Pemodelan pada area sta. 9+700 BH – 02 dengan perkuatan *mini pile* dan *diaphragm wall*

### Analisa Stabilitas Global Lereng Pada Area STA. 9+700 Dengan perkuatan Mini Pile

Stabilitas global yang terjadi pada lereng kondisi pemasangan *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02



Gambar 5: Stabilitas global lereng dengan perkuatan *Mini Pile*

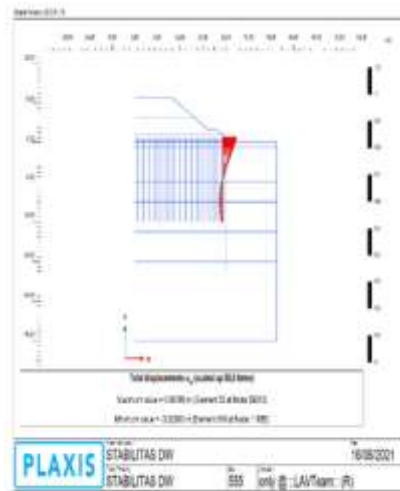
Deformasi total yang terjadi pada lereng di area STA. 9+700 BH – 02 dengan pemasangan *mini pile* tanpa perkuatan *diaphragm wall* sebesar 5,054 m. Sedangkan Faktor Keamanan global pada lereng kondisi pemasangan *mini pile* tanpa menggunakan

perkuatan *diaphragm wall* sebesar  $1,633 > \text{Faktor Keamanan (SF min)} = 1,5$  (SNI GEOTEKNIK 8460:2017).

### Deformasi Horizontal dan Bending Momen Yang Terjadi Pada Perkuatan Mini Pile Di Area STA. 9+700 BH – 02

Berikut adalah hasil deformasi horizontal yang terjadi pada mini pile 200 x 200 mm dengan panjang total 17 m.

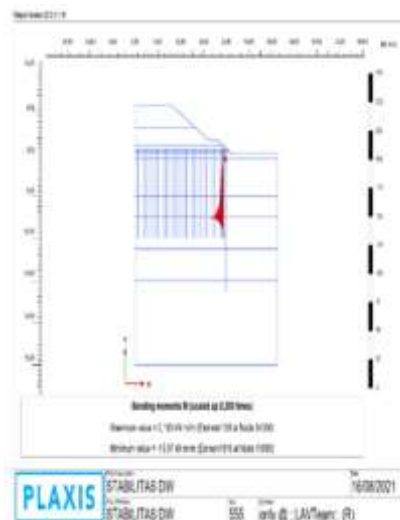
Deformasi horizontal pada *Mini Pile* di Area STA. 9+700 BH – 02 tanpa perkuatan *Diaphragm Wall*



Gambar 6: Deformasi Horizontal ( $U_x$ ) *Mini Pile* di Area STA. 9+700 BH – 02

Deformasi horizontal yang terjadi pada *mini pile* tanpa menggunakan perkuatan *diaphragm wall* diprediksi sebesar 0,09786 m.

Bending momen pada *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02 tanpa perkuatan *diaphragm wall*



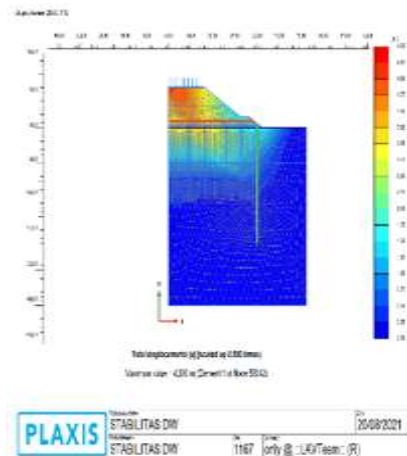
Gambar 7: Bending Momen *Mini Pile* di Area STA. 9+700 BH – 02

Bending momen maksimum yang diprediksi terjadi pada *mini pile* tanpa perkuatan *diaphragm wall* sebesar 15,97 KN m/m.



**Analisa Stabilitas Global Lereng Dengan Perkuatan Diaphragm Wall Pada Area STA. 9+700 BH – 02**

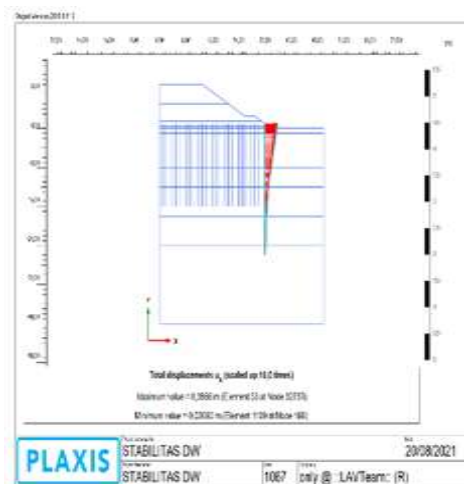
Stabilitas global lereng dengan perkuatan *diaphragm wall* tanpa pemasangan *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02.



**Gambar 8: Stabilitas global lereng kondisi perkuatan diaphragm wall tanpa pemasangan mini pile**  
Deformasi total yang terjadi pada lereng dengan kondisi menggunakan perkuatan *diaphragm wall* sebesar 4,300 m. Sedangkan Stabilitas global yang terjadi pada lereng dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* tanpa pemasangan *mini pile* sebesar 1,529 > SF min = 1,5 (SNI GEOTEKNIK 8460:2017)

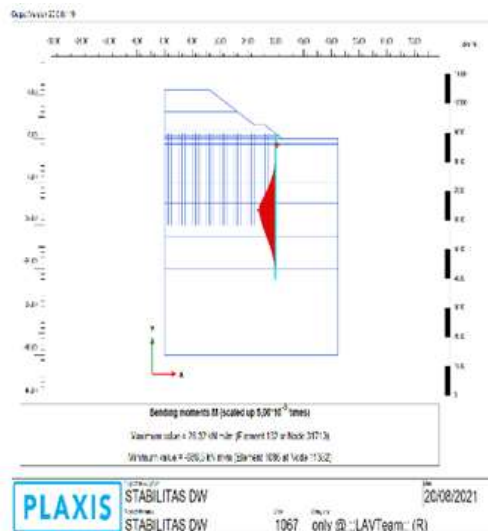
**Deformasi Horizontal dan Bending Momen Pada Diaphragm Wall Sebagai Perkuatan Di Area STA. 9+700 BH – 02**

Deformasi horizontal *diaphragm wall* kondisi tanpa pemasangan *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02



**Gambar 9: Deformasi horizontal pada diaphragm wall tanpa pemasangan mini pile**  
Deformasi horizontal (Ux) maksimum yang terjadi pada *diaphragm wall* tanpa pemasangan *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02 sebesar 0,3866 m.

Bending momen *diaphragm wall* kondisi tanpa pemasangan *mini pile* di area STA. 9+700 BH -02

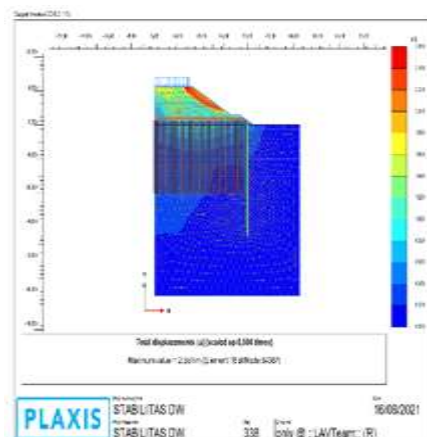


**Gambar 10: Bending momen pada *diaphragm wall* tanpa pemasangan *mini pile***

Bending momen yang terjadi pada *diaphragm wall* tanpa pemasangan *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02 sebesar 936,5 KN m/m.

### **Analisa Stabilitas Global Lereng Dengan Perkuatan *Mini Pile* Dan *Diaphragm Wall* Di Area STA. 9+700 BH – 02**

Stabilitas global lereng di area STA. 9+700 BH – 02 dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile*



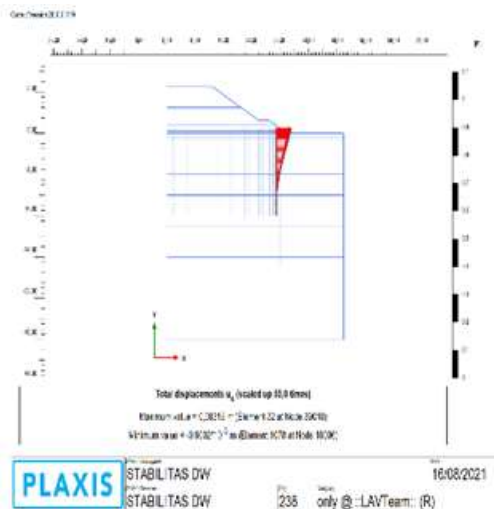
**Gambar 11: Stabilitas global lereng di area sta. 9+700 BH – 02 dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile***

Deformasi total yang terjadi pada lereng di area STA. 9+700 BH – 02 dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile* sebesar 2,551 m. Sedangkan Faktor Keamanan global yang pada lereng dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile* adalah 1,566 > Faktor Keamanan

(SF min) = 1,5 (SNI GEOTEKNIK 8460:2017).

### **Deformasi Horizontal Dan Bending Momen Pada Mini Pile Dengan Perkuatan Mini Pile Serta *Diaphragm Wall* Di Area STA. 9+700 BH – 02**

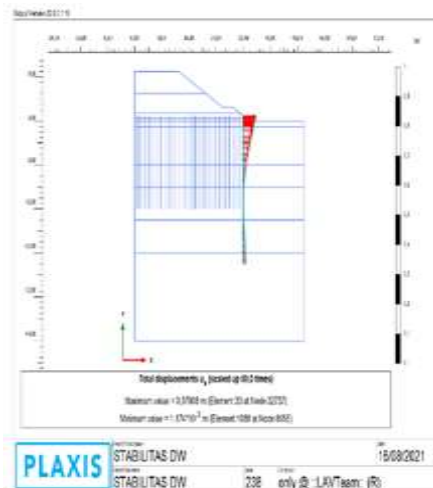
Deformasi horizontal yang terjadi pada *mini pile* dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile*



**Gambar 12: Deformasi horizontal (ux) pada mini pile dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile***

Deformasi horizontal (Ux) yang terjadi pada *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02 dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile* sebesar 0,08315 m.

Bending momen yang terjadi pada *mini pile* dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile*

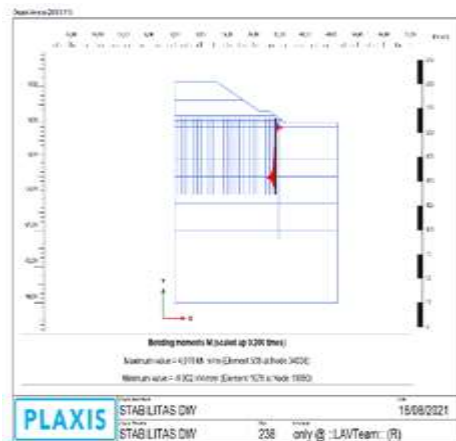


**Gambar 13: bending momen pada *mini pile* dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile***

Bending momen maksimum yang terjadi pada *mini pile* di area STA. 9+700 BH – 02 dengan menggunakan perkuatan *diaphragm wall* dan *mini pile* sebesar 9,902 KN m/m.

**Deformasi Horizontal Dan Bending Momen Pada *Diaphragm Wall* Dengan Perkuatan *Mini Pile* Serta *Diaphragm Wall* Di Area STA. 9+700 BH – 02**

Deformasi horizontal *diaphragm wall*

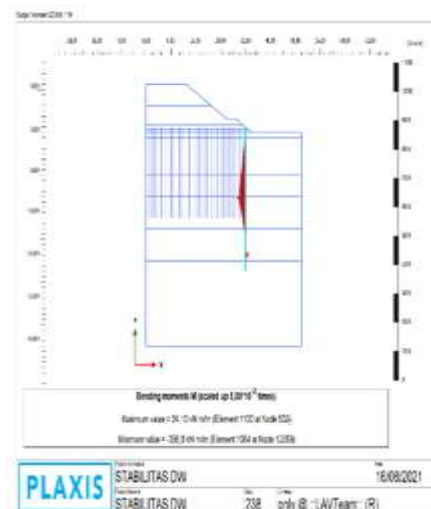


**Gambar 14: Deformasi horizontal (ux) diaphragm wall**

Deromasi horizontal (Ux) yang terjadi pada diaphragm wall dengan menggunakan diaphragm wall dan mini pile sebagai

perkuatan di area STA. 9+700 BH – 02 sebesar 0,07608 m.

Bending momen diaphragm wall



**Gambar 15: Bending momen diaphragm wall.**

Bending momen yang terjadi pada diaphragm wall di area STA. 9+700 BH – 02 dengan menggunakan diaphragm wall dan mini pile sebagai perkuatan sebesar 386,8 KN m/m.

**Rekap Hasil Deformasi Total Lereng Dengan Perkuatan Mini Pile dan Diaphragm Wall Di Area STA. 9+700 BH – 02**

No.	Tahapan Analisis	Hasil Analisis			
		Kondisi Lereng Normal	Kondisi Dengan Pemasangan <i>Mini Pile</i>	Kondisi Dengan Perkuatan <i>Diaphragm Wall</i>	Kondisi Dengan Pemasangan <i>Mini Pile</i> dan Perkuatan <i>Diaphragm Wall</i>
		Deformasi Total (m)	Deformasi Total (m)	Deformasi Total (m)	Deformasi Total (m)
1.	Penimbunan <i>platform</i>	0,08548	0,08548	0,08548	0,08548
2.	Pemasangan <i>sepu pile</i> D 200 x 200 mm	-	0,03195	-	0,03195
3.	Penimbunan material granular dan timbunan	0,2476	0,06076	0,2476	0,06076
4.	Pemasangan <i>diaphragm wall</i>	-	-	0,02863	0,02789
5.	Pemasangan <i>geotextile</i>	0,2476	0,06076	0,02864	0,02790
6.	Penimbunan tahap pertama	0,9897	0,1760	0,7501	0,1181
7.	Penimbunan tahap kedua	2,007	0,3705	1,979	0,3003
8.	Pemberian beban merata 20 Kpa	2,346	4,482	2,128	0,3783

Tabel 5: Tahapan Hasil Analisis Program PLAXIS 2D V.20

**Rekap Hasil Deformasi Horizontal Dan Bending Momen Di Area STA. 9+700 BH**  
—  
02

No.	Analisis Deformasi Horizontal dan Bending Momen	Hasil Analisis			
		Dengan Perkuatan <i>Mini Pile</i>		Dengan Perkuatan <i>Diaphragm Wall</i>	
		Deformasi Horizontal (m)	Bending Momen (KN m/m)	Deformasi Horizontal (m)	Bending Momen (KN m/m)
		1.	<i>Mini Pile</i>	0,09786	15,97
2.	<i>Diaphragm Wall</i>	-	-	0,3866	936,5
3.	<i>Mini pile dan Diaphragm Wall</i>	0,08315	9,902	0,07608	386,8

Tabel 6: Hasil Rekap Analisa Deformasi Horizontal dan Bending Momen Menggunakan PLAXIS V.20

Rekap Hasil Stabilitas Global Lereng Di Area STA. 9+700 BH – 02

No.	Analisis Stabilitas Global Lereng	Hasil Analisis Stabilitas Global Lereng		Faktor Keamanan (SF min) SNI GEOTEKNIK 8640:2017	Keterangan
		Deformasi Total (m)	Faktor Keamanan Global Lereng		
1	Kondisi normal tanpa perkuatan	4,714	1,207	< 1,5	Tidak Aman
2	Kondisi pemasangan <i>Mini pile</i> 200 x 200 mm	5,054	1,633	> 1,5	Aman
3	Kondisi dengan Perkuatan <i>Diaphragm Wall</i>	4,300	1,529	> 1,5	Aman
4	Kondisi dengan pemasangan <i>Mini Pile</i> dan perkuatan <i>Diaphragm Wall</i>	2,551	1,566	> 1,5	Aman

Tabel 7: Hasil Rekap Analisis Stabilitas Global Lereng

**KESIMPULAN**

Dari hasil analisis dengan menggunakan program komputer PLAXIS 2D V. 20, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisis stabilitas menggunakan parameter tanah asli di area STA. 9+700 menghasilkan nilai stabilitas global lereng sebesar  $1,207 < SF \text{ min} = 1,5$  (SNI GEOTEKNI 8460:2017). Tidak memenuhi, sehingga dilakukan perbaikan tanah dengan menggunakan metode pemasangan *mini pile* dan *diaphragm wall* untuk meningkatkan stabilitas global lereng.
2. Hasil analisis stabilitas global lereng pemasangan *mini pile* sebesar 1,633 stabilitas global lereng pemasangan *diaphragm wall* sebesar 1,529 serta stabilitas global lereng dengan pemasangan *diaphragm wall* dan *mini pile* sebesar 1,566 dari ketiga hasil analisis stabilitas global lereng memenuhi syarat  $SF \text{ minimum} = 1,5$  (SNI GEOTEKNIK 8460:2017)
3. Hasil analisis pemodelan dilakukan terhadap lereng kondisi normal didapatkan SF global sebesar 1,207 dengan deformasi total sebesar 4,714 m, pemasangan *mini pile*

sebagai perkuatan didapatkan SF global sebesar 1,633 dengan deformasi total sebesar 5,054 m, pemasangan *diaphragm wall* sebagai perkuatan didapatkan SF global sebesar 1,529 dengan deformasi total sebesar 4,300 m serta pemasangan *diaphragm wall* dan *mini pile* sebagai perkuatan didapatkan SF global 1,566 dengan deformasi total sebesar 2,551 m. Dari hasil keseluruhan pemodelan didapat pemasangan *diaphragm wall* dan *mini pile* yang mempunyai nilai deformasi lebih kecil di antara semua pemodelan dan SF global juga memenuhi syarat SF min (SNI GEOTEKNIK 8460:2017). Dengan stabilitas global sebesar 1,566 dan deformasi total sebesar 2,551 m dan lebih efisien digunakan sebagai perkuatan lereng.

4. Hasil analisa deformasi horizontal dan bending momen ditinjau terhadap *mini pile*, *diaphragm wall* serta *diaphragm wall* dan *mini pile* sebagai perkuatan. Analisis deformasi horizontal dan bending momen pada *mini pile* dan *diaphragm wall* sebagai perkuatan menghasilkan nilai deformasi horizontal dan bending momen yang lebih kecil jika dibandingkan dengan analisa deformasi horizontal dan bending momen

dengan menggunakan perkuatan *mini pile* maupun *diaphragm wall*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. Hamdani, "Analisis Stabilitas Timbunan Jalan Di Atas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Sheet Pile Dan Geotekstil (Studi Kasus: Tol Balikpapan–Samarinda Seksi V. Sta. 9+ 726 S/D Sta. 9+ 926)," 2019.
- [2] A. Al Hanif, "Perencanaan Timbunan Dan Perbaikan Tanah Dengan Menggunakan Metode Preloading Dan Geotextile Encased Stone Column Pada Tanah Organik Di Jalan Tol Trans Sumatera Pematang Panggang-Kayu Agung." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [3] S. A. Al Hasib, "Ta: Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Dan Tanpa Tiang Bor (Studi Kasus: Proyek Pabrik Kosmetik Bojongsong, Bandung)." Institut Teknologi Nasional Bandung, 2020.
- [4] D. H. Putra, "Analisis Produktivitas Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum Uii," 2018.
- [5] G. M. Sarungu, "Studi Komparasi Siklus Basah Kering Terhadap Nilai Kuat Tekan Tanah Dengan Berbagai Jenis Aditif= Comparison Study Of Wet-Dry Cycle Towards Soil Strength Value With Various Types Of Additive." Universitas Hasanuddin, 2021.
- [6] H. Darwis And M. Sc, "Dasar-Dasar Mekanika Tanah," *Yogyakarta Pena Indis*, 2018.
- [7] D. Mardiatno And M. A. Marfai, *Analisis Bencana Untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Das): Studi Kasus Kawasan Hulu Das Comal*. Ugm Press, 2021.
- [8] R. H. Harahap, "Analisis Penggunaan Secant Pile Dengan Metode Element Hingga Pada Proyek Hotel Sapadia Medan." Tesis. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, 2015.
- [9] F. U. Abdillah, "Analisis Karakterisasi Lereng Batuan Dan Kemantapan Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating Dan Limit Equilibrium Di Lereng Sidewall Utara (Studi Kasus Longsoran Pit Merandai, Pt Cipta Kridatama Site Bbe, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur)= Rock Slope Characterization And Slope Stability Analysis Using Slope Mass Rating And Equilibrium Limit Methods On The North Sidewall Slopes (Case Study Of Pit Merandai Landslide, Pt Cipta Kridatama Bbe Site, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province)." Universitas Hasanuddin, 2020.
- [10] A. Pramulandani, "Ta: Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga (Plaxis 2d)." Institut Teknologi Nasional Bandung, 2020.