

# Efektifitas Mortar Busa Dalam Mengurangi Penurunan Tanah Pada Oprit Jembatan Putri Petong

Hendrik Marsus<sup>1</sup>, Muhammad Ridwan<sup>2</sup>, Insan Kamil<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

## Artikel Informasi

### Riwayat Artikel

Diterima, 15 September 2024

Direvisi, 12 Oktober 2024

Disetujui, 17 November 2024

### Kata Kunci:

Mortar foam,  
Penurunan Tanah,  
Oprit Jembatan

### Keywords:

Mortar Foam,  
Settlement,  
Ramp Bridge

## ABSTRAK

Jembatan Putri Petong di Kabupaten Paser, yang diresmikan pada 2012, menghubungkan Desa Sungai Tuak dengan Kecamatan Tanah Grogot. Jembatan pelengkung sepanjang 300 meter ini mengalami penurunan fungsi pada opritnya setelah 11 tahun beroperasi. Oprit sepanjang 50 meter, dengan kemiringan 5%, menunjukkan penurunan visual sekitar 31,5 cm. Tanah dasar oprit terdiri dari tanah lempung lunak dengan daya dukung rendah, menyebabkan penurunan tidak seragam. Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak Plaxis 2D dan pemodelan Soft Soil Model untuk menganalisis penurunan tanah pada oprit. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan mortar busa mengurangi penurunan tanah sebesar 19,28% dibandingkan tanah timbunan pilihan, sementara kombinasi mortar busa dengan pancang mortar foam mengurangi penurunan hingga 44,38%. Penerapan mortar busa dan kombinasi pancang mortar foam terbukti efektif dalam mengatasi penurunan tanah pada oprit Jembatan Putri Petong, meningkatkan stabilitas dan keamanan jembatan dalam jangka panjang. Pendekatan ini memberikan solusi signifikan untuk masalah penurunan tanah, memastikan jembatan tetap aman untuk dilalui kendaraan bermotor.

## ABSTRACT

*The Putri Petong Bridge in Paser Regency, inaugurated in 2012, connects Sungai Tuak Village with Tanah Grogot District. This 300-meter-long arch bridge experienced a decline in functionality in its approach ramp after 11 years of operation. The 50-meter-long ramp, with a 5% gradient, showed a visual settlement of approximately 31.5 cm. The base soil of the ramp, consisting of soft clay with low bearing capacity, caused uneven settlement. This study used the finite element method with Plaxis 2D software and the Soft Soil Model to analyze the soil settlement on the ramp. The simulation results indicated that using foam mortar reduced soil settlement by 19.28% compared to selected embankment soil, while the combination of foam mortar with foam mortar piles reduced settlement by up to 44.38%. The application of foam mortar and the combination of foam mortar piles proved effective in mitigating soil settlement on the approach ramp of the Putri Petong Bridge, enhancing the long-term stability and safety of the bridge. This approach provided a significant solution to the soil settlement issue, ensuring the bridge remained safe for vehicular traffic.*



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

## Penulis Korespondensi:

Hendrik Marsus  
Prodi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda  
Email: [hendrikmarsus.hm@gmail.com](mailto:hendrikmarsus.hm@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Jembatan Putri Petong, diresmikan pada tahun 2012, merupakan penghubung penting antara Desa Sungai Tuak dan Kecamatan Tanah Grogot di Kabupaten Paser. Jembatan lengkung sepanjang 300 meter ini memiliki tiga bentang dan oprit sepanjang sekitar 50 meter dengan kemiringan 5%. Setelah 11 tahun beroperasi, oprit mengalami penurunan signifikan, tercatat visual sekitar +/-30 cm. Masalah utamanya adalah tanah lempung lunak dengan daya dukung rendah, yang menyebabkan penurunan tidak merata.

Penggunaan mortar busa (mortar foam) telah menjadi salah satu tren di sektor konstruksi, menawarkan alternatif yang sangat baik untuk lapisan atas pondasi tradisional (Efendi et al., 2022). Kondisi oprit jembatan dengan material mortar busa setelah 3 tahun pasca konstruksi menunjukkan hampir tidak ada penurunan jalan (< 1 mm) dan belum pernah dilakukan overlay perkerasan jalan (Vaza, n.d).

Berapa besar penurunan tanah yang terjadi dapat dihitung dan dianalisa dengan finite element method yaitu dengan menggunakan *software Plaxis 2D* (Hird, Pyrah, Russell, & Cinicioglu, 1995). *"The Plastic behavior of the Soft Soil Model is defined by total of six functions; three compression yield functions and three Mohr-Coulumb yield functios (Manual book Plaxis 8: 8-4).*

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan seberapa efektif penggunaan mortar busa dibandingkan dengan penggunaan konstruksi tanah timbunan konvensional dalam mengatasi penurunan oprit jembatan yang di analisis dengan program *Plaxis 2D*. Penggunaan teknologi mortar busa diharapkan mampu mengurangi beban timbunan karena beratnya ringan dan berkekuatan tinggi cukup tinggi sebagai subgrade, berat isi dan dan kuat tekan dapat di desain sesuai keinginan sehingga mengurangi dampak penurunan pada jalan di atasnya (Deni Hidayat et al., 2016).

## METODE PENELITIAN

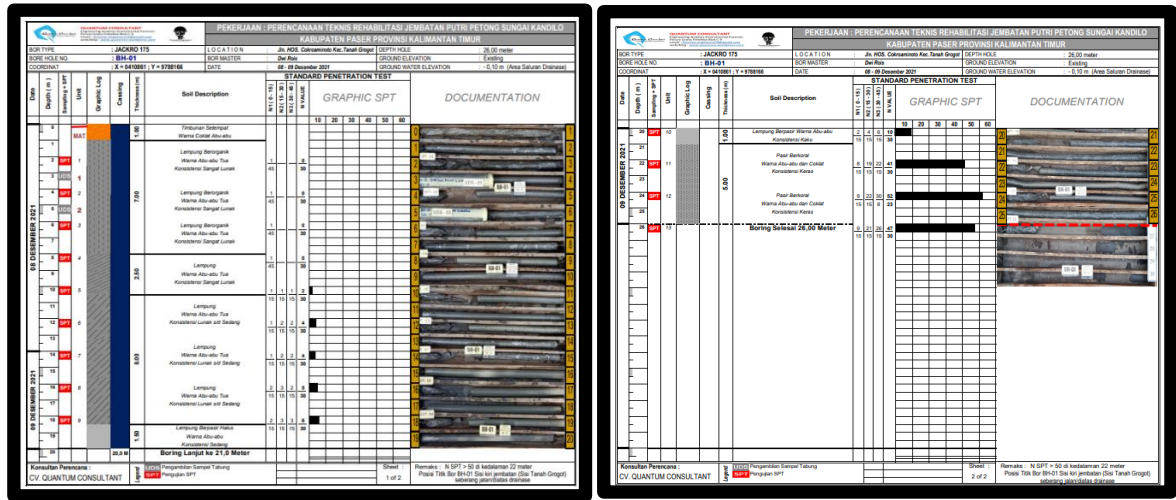
Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan mengumpulkan data primer dan sekunder sehingga menjadi parameter serta variabel yang di teliti kemudian di analisis dengan perangkat lunak *Plaxis 2D* pemodelan *Soft Soil Model* untuk menganalisis perilaku penurunan tanah pada tanah dasar oprit dan diambil kesimpulan.

Lokasi dan objek penelitian berada di Lokasi Penelitian berada pada Jl. HS. Cokroaminoto No.26 , Kecamatan Tanah Grogot, Kabupaten Paser, Propinsi Kalimantan Timur dengan titik lokasi koordinat :  $1^{\circ}54'59.10''S$  ,  $116^{\circ}12'0.75''E$ , seperti pada gambar. 1 dibawah ini :



Gambar. 1 Lokasi dan Objek Penelitian

Dari gambar 1 tersebut diatas maka perlu dilakukan pemeriksaan visual, survey topografi dan soil test. Dari hasil survey topografi didapat hasil Ketinggian Oprit jembatan Putri Petong adalah 3,6 Meter dengan Panjang oprit 50 Meter dan kemiringan 5%. Dari hasil survey topografi juga di dapat deviasi elevasi penurunan lantai atas oprit jembatan sebesar 31,5 cm. Adapun Hasil Soil Test menggunakan Boring Test untuk mendapatkan Nilai N-SPT tanah dasar sebagai berikut :



Gambar 2 Boring dan SPT (sumber : Arsip CV. Quantum Consultant)

Nilai N-SPT dari Gambar 2 diatas di korelasikan untuk menentukan material properties tanah, adapun hasil korelasi berdasarkan referensi geoteknik sebagai berikut ;

Tabel 1 Hasil Korelasi Nilai N-SPT Tanah Dasar dengan material Properties Tanah

DEPTH	LAYER	NSPT	Material Model	Drainage Type	ysat (kN/m3)	yd (kN/m3)	e <sub>init</sub>	E' (kN/m2)	v' (nu)
variatif	TANAH TIMBUNAN OPRIT	-	Linear Elastik	Undrained (A)	22,1706	19,62	0,35	23600	0,375
1	Timbunan Setempat, Warna Coklat Abu-Abu	0	Soft Soil	Drained	22,1706	19,62	0,35	23600	0,375
7	Lempung Berorganik, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Sangat Lunak	0	Soft Soil	Drained	12,8511	4,905	4,4	3600	0,25
2,5	Lempung, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Sangat Lunak	6	Soft Soil	Drained	13,5378	5,886	3,5	4800	0,25
8	Lempung, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Lunak-Sedang	8	Soft Soil	Drained	15,4017	8,829	2	6720	0,25
1,5	Lempung berpasir halus, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Sedang	10	Soft Soil	Undrained (A)	15,4017	8,829	2	7360	0,25
1	Lempung berpasir halus, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Kaku	41	Hardening Soil	Undrained (A)	15,4017	8,829	2	17920	-
5	Pasir berkoral, Warna Abu-Abu Coklat, Konsistensi Keras	52	Hardening Soil	Drained	22,1706	19,62	0,35	21440	-

DEPTH	LAYER	NSPT	G (kN/m2)	E <sub>sed</sub> (kN/m2)	C <sub>ref</sub> (kN/m2)	φ (phi) °	ψ (psi) °	v <sub>s</sub> (m/s)	v <sub>p</sub> (m/s)	Cc	Cs	λ*	K*
variatif	TANAH TIMBUNAN OPRIT	-	8581,82	42909,1	0	32	0,0367403	65,505	146,474				
1	Timbunan Setempat, Warna Coklat Abu-Abu	0	1309,09	6545,45	0	32	0,0367403	25,5841	57,2078				
7	Lempung Berorganik, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Sangat Lunak	0	2,71	6545,45	0	32	0,0367403	25,5841	57,2078	3,804553	0,266319	0,3063	0,042885
2,5	Lempung, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Sangat Lunak	6	2,71	6545,45	0	32	0,0367403	25,5841	57,2078	3,804553	0,266319	0,3063	0,042885
8	Lempung, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Lunak-Sedang	8	2,71	6545,45	0	32	0,0367403	25,5841	57,2078	3,804553	0,266319	0,3063	0,042885
1,5	Lempung berpasir halus, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Sedang	10	2,71	6545,45	0	32	0,0367403	25,5841	57,2078	3,804553	0,266319	0,3063	0,042885
1	Lempung berpasir halus, Warna Abu-Abu Tua, Konsistensi Kaku	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Pasir berkoral, Warna Abu-Abu Coklat, Konsistensi Keras	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Merujuk pada jurnal (Deni Hidayat et al., 2016) Untuk material properties mortar busa dan tanah timbunan konvensional adalah sebagai berikut :

Propeti	Nilai
---------	-------

Berat isi ( $\gamma$ )	17 kN/m <sup>3</sup>
Kohesi (c)	10 kN/m <sup>2</sup>
Sudut geser dalam ( $\Phi$ )	25°
Modulus kekakuan	9000 kN/m <sup>2</sup>

Tabel.2 Material Properti mortar busa

Properti	Nilai
Densitas	6 kN/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas ( $E_c$ )	892634,5 kN/m <sup>2</sup>
Angka pori (v)	0,2
Beban merata	15 kPa
Beban terpusat	112,5 kN

Tabel.3 Material Tanah Timbunan

Adapun data pembebanan di oprit jembatan di asumsikan sebagai berikut :

Tabel 4 Beban lalu lintas untuk analisis Stabilitas (Kimpraswil, 2002b)

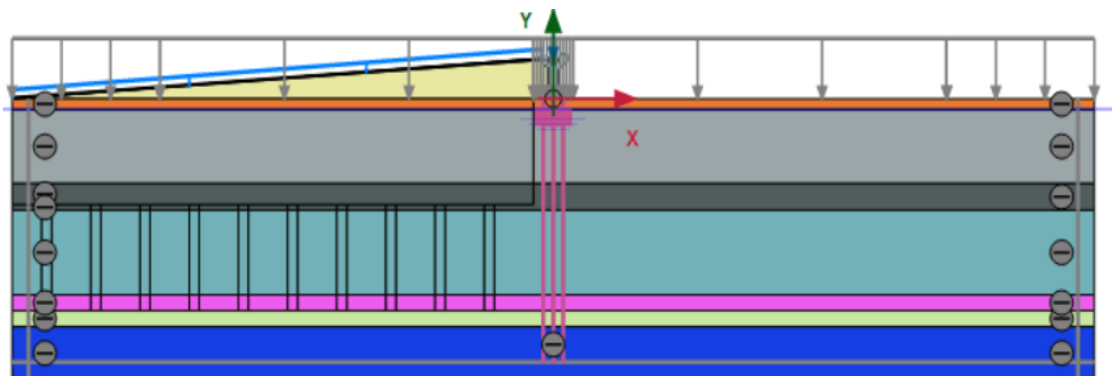
Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)
I	15
II	12
III	12

Tabel 5 Fase Pembebanan

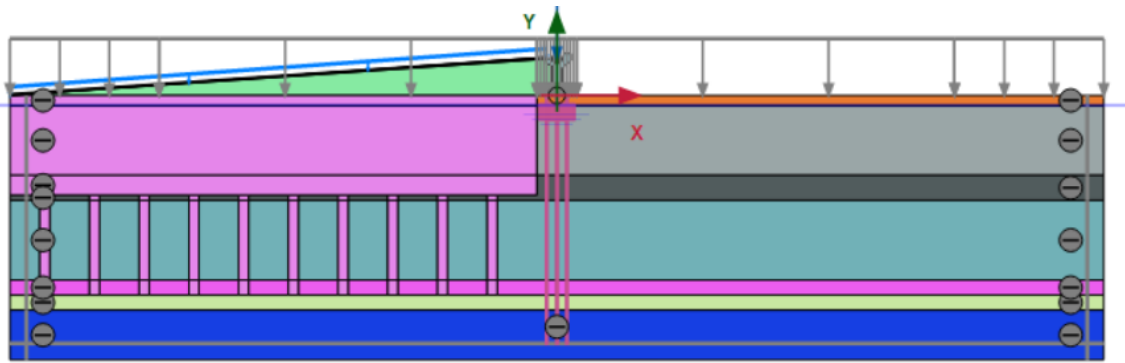
Fase pembebanan Pada Plaxis 2D	Beban	
Pembebanan Awal sepanjang 80 Meter	20	KN/m/m
Masa Konstruksi Tiang Pancang Abutment sepanjang 100 Meter	100	KN/m/m
Masa Konstruksi Abutment	100	KN

## HASIL DAN PEMBAHASAN

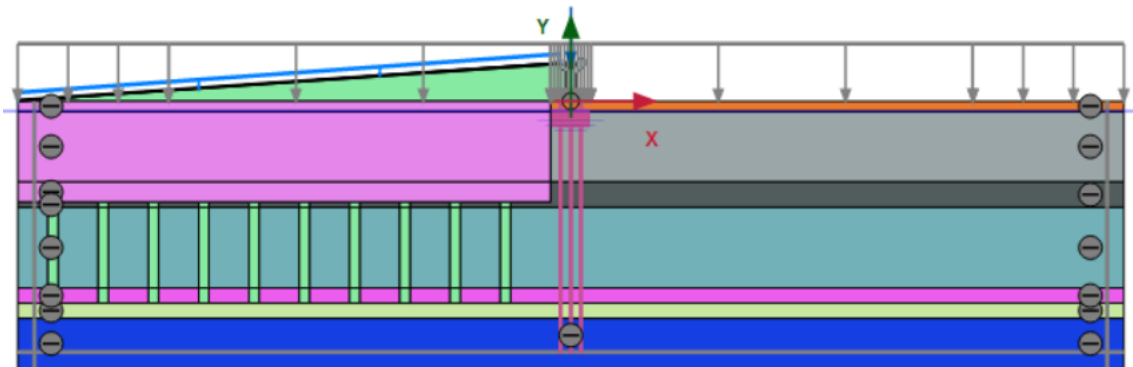
Berdasarkan hasil survey topografi juga dilakukan pemodelan geometrik pada program Plaxis 2D V.20, sebagai berikut :



Gambar 3 Model Geometri Oprit Tanah Timbunan Konvensional

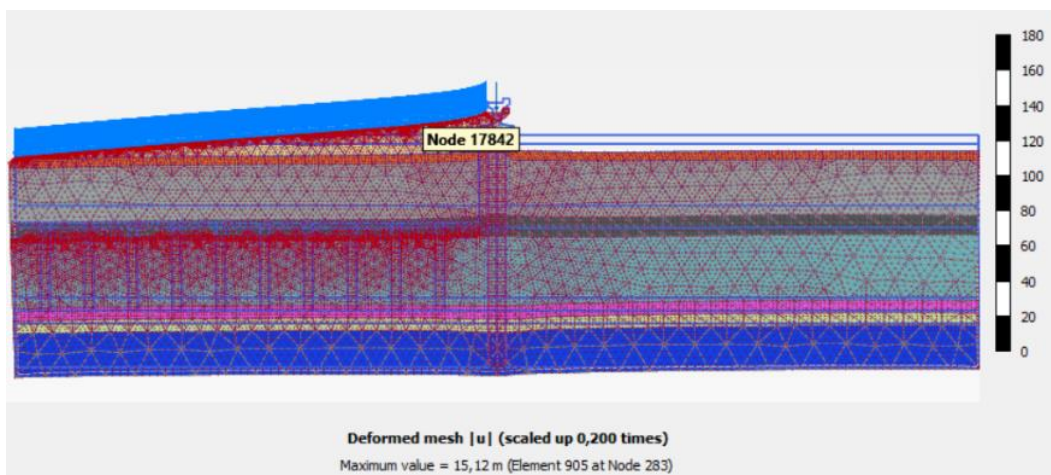


Gambar 4 Model Geometri Oprit Mortar Foam + kombinasi 800 Kpa



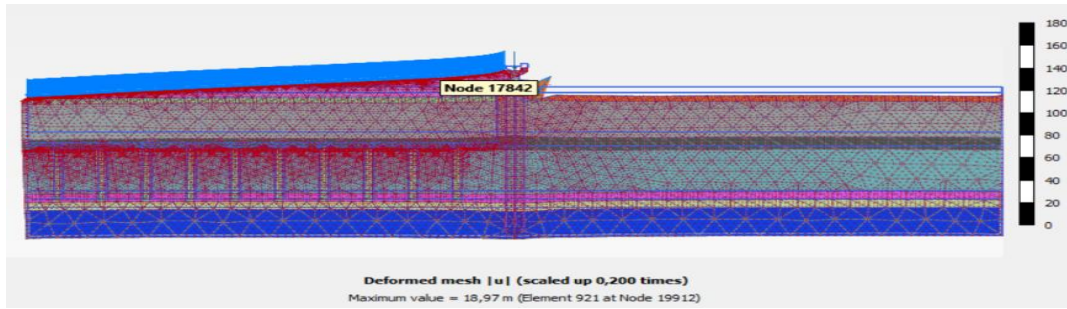
Gambar 5 Model Geometri Oprit Mortar Foam + kombinasi 1200 Kpa

Hasil keluaran (output) program plaxis 2D V.20 sebagai berikut :

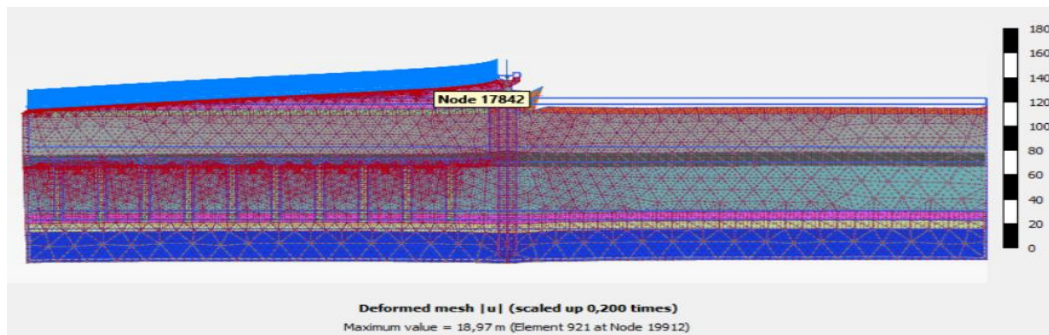


Gambar 6 Output Plaxis Oprit Tanah Timbunan Konvensional





Gambar 7 Output Plaxis Oprit Mortar Foam +kombinasi 800 Kpa



Gambar 8 Output Plaxis Oprit Mortar Foam +kombinasi 1200 Kpa

Secara detail tahapan output fase pemodelan sebagai berikut :

1. Area yang ditinjau perilaku penurunan pada Koordinat Area - Titik 1 ( -55,-26,5), Titik 1 ( 55,-26.5), Titik 2 ( 55,-26.5), Titik 3 ( 55,0), Titik 4 ( -55,0) ) dalam satuan meter.

Clus. 5 - El. 878	17841	12	-3,140	0,000	0,000	0,000	0,000
Timbunan Setempat, warna Coklat Abu-Abu	17842	6	-2,760	0,000	0,000	0,000	0,000
Soil_2_Soil_10_1	17843	11	-2,380	0,000	0,000	0,000	0,000

2. Pada Konsolidasi awal terjadi Total Displacement (U) sebesar +0,510645 Meter dengan waktu konsolidasi selama 10 tahun dengan Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=0,534$  Meter,  $\Delta Y=0,510645$  Meter)

Clus. 5 - El. 878	17840	1	-3,520	0,000	0,501	510,648	510,648
Timbunan Setempat, warna Coklat Abu-Abu	18350	2	-3,514	-1,000	0,498	510,675	510,675
Soil_2_Soil_10_1	18170	3	-2,000	0,000	0,568	510,642	510,642
	17845	4	-3,517	-0,500	0,500	510,662	510,663
	18165	5	-2,757	-0,500	0,532	510,660	510,660
	17842	6	-2,760	0,000	0,534	510,645	510,645

3. Pada Pembebanan awal dengan beban merata 100 KN sepanjang 80 meter terjadi Total Displacement (U) sebesar +3,130 Meter dengan waktu konsolidasi selama 10 tahun 1 bulan berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=26,996$  Meter,  $\Delta Y=-3,129$  Meter)

Clus. 5 - El. 878 Timbunan Setempat, warna Coklat Abu-Abu Soil_2_Soil_10_1	17840	1	-3,520	0,000	33,779	-3,128	3,138
	18350	2	-3,514	-1,000	31,760	-3,135	3,135
	18170	3	-2,000	0,000	20,232	-3,130	3,130
	17845	4	-3,517	-0,500	32,747	-3,132	3,132
	18165	5	-2,757	-0,500	26,253	-3,133	3,133
	17842	6	-2,760	0,000	26,996	-3,129	3,130
	17846	7	-3,519	-0,250	33,261	-3,130	3,130

4. Pada Pembebanan masa konstruksi Tiang Pancang terjadi Total Displacement (U) sebesar +15,709 Meter dengan waktu konsolidasi selama 2 bulan berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,922$  Meter,  $\Delta Y=-15,682$  Meter)

Clus. 5 - El. 878 Timbunan Setempat, warna Coklat Abu-Abu Soil_2_Soil_10_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,922	-15,851	15,878
	18350	2	-3,514	-1,000	-0,704	-15,845	15,860
	18170	3	-2,000	0,000	-0,900	-15,528	15,554
	17845	4	-3,517	-0,500	-0,813	-15,848	15,869
	18165	5	-2,757	-0,500	-0,811	-15,679	15,700
	17842	6	-2,760	0,000	-0,922	-15,682	15,709
	17846	7	-3,519	-0,250	-0,868	-15,850	15,874
	17844	8	-3,516	-0,750	-0,750	-15,847	15,864

5. Pada Pasca Konstruksi Tiang Pancang terjadi Total Displacement (U) sebesar +15.721 Meter dengan waktu konsolidasi selama 1 bulan berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,919$  Meter,  $\Delta Y=-15,694$  Meter)

Clus. 5 - El. 878 Timbunan Setempat, warna Coklat Abu-Abu Soil_2_Soil_10_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,919	-15,863	15,890
	18350	2	-3,514	-1,000	-0,701	-15,857	15,872
	18170	3	-2,000	0,000	-0,896	-15,541	15,567
	17845	4	-3,517	-0,500	-0,810	-15,861	15,881
	18165	5	-2,757	-0,500	-0,807	-15,691	15,712
	17842	6	-2,760	0,000	-0,919	-15,694	15,721
	17846	7	-3,519	-0,250	-0,864	-15,862	15,886

6. Pada Tahap Konstruksi Abutment Jembatan Total Displacement (U) sebesar +16,240 Meter berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,920$  Meter,  $\Delta Y=-16,214$  Meter)

Clus. 5 - El. 878 Timbunan Setempat, warna Coklat Abu-Abu Soil_2_Soil_10_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,916	-16,381	16,406
	18350	2	-3,514	-1,000	-0,701	-16,376	16,391
	18170	3	-2,000	0,000	-0,902	-16,061	16,086
	17845	4	-3,517	-0,500	-0,809	-16,379	16,399
	18165	5	-2,757	-0,500	-0,808	-16,212	16,232
	17842	6	-2,760	0,000	-0,920	-16,214	16,240
	17846	7	-3,519	-0,250	-0,862	-16,380	16,403

7. Pada Tahap Konstruksi Oprit Jembatan Dengan Menggunakan Timbunan Pilihan Berbutir Total Displacement (U) sebesar +9,720 Meter dengan berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,912$  Meter,  $\Delta Y=-9,677$  Meter).

Clus. 4 - El. 565 Tanah Timbunan Soil_1_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,908	-9,857	9,899
	18170	2	-2,000	0,000	-0,895	-9,512	9,554
	17656	3	-3,016	1,081	-1,001	-9,368	9,421
	17842	4	-2,760	0,000	-0,912	-9,677	9,720
	17661	5	-2,508	0,540	-1,104	-9,594	9,657
	17651	6	-3,268	0,540	-0,959	-9,644	9,691
	17841	7	-3,140	0,000	-0,911	-9,768	9,810
	17843	8	-2,380	0,000	-0,909	-9,590	9,633
	17660	9	-2,254	0,270	-0,922	-9,626	9,670

8. Pada Tahap Konstruksi Oprit Jembatan Dengan Menggunakan Timbunan Pilihan Berbutir + Pancang Mortar Foam Total Displacement (U) sebesar +6,719 Meter dengan berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,912$  Meter,  $\Delta Y=-6,657$  Meter).

Clus. 4 - El. 565 Tanah Timbunan Soil_1_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,909	-6,793	6,853
	18170	2	-2,000	0,000	-0,895	-6,536	6,597
	17656	3	-3,016	1,081	-0,938	-6,333	6,402
	17842	4	-2,760	0,000	-0,912	-6,657	6,719
	17661	5	-2,508	0,540	-1,073	-6,589	6,675
	17651	6	-3,268	0,540	-0,928	-6,594	6,659

9. Pada Pasca Konstruksi Oprit Jembatan Dengan Menggunakan Timbunan Pilihan Berbutir Total Displacement (U) sebesar +10,068 Meter dengan dengan waktu konsolidasi selama 10 tahun berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,914$  Meter,  $\Delta Y=-10,027$  Meter)

Clus. 4 - El. 565 Tanah Timbunan Soil_1_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,911	-10,197	10,238
	18170	2	-2,000	0,000	-0,897	-9,870	9,911
	17656	3	-3,016	1,081	-0,990	-9,714	9,765
	17842	4	-2,760	0,000	-0,914	-10,027	10,068
	17661	5	-2,508	0,540	-1,099	-9,946	10,007
	17651	6	-3,268	0,540	-0,955	-9,987	10,032
	17841	7	-3,140	0,000	-0,913	-10,112	10,153
	17843	8	-2,380	0,000	-0,911	-9,944	9,986

10. Pada Tahap Penggantian Konstruksi Oprit Jembatan dengan menggunakan Mortar Foam Total Displacement (U) sebesar +8,128 Meter pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,927$  Meter,  $\Delta Y=-8,075$  Meter)



Clus. 4 - El. 565 Tanah Timbunan Soil_1_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,923	-8,228	8,279
	18170	2	-2,000	0,000	-0,909	-7,937	7,989
	17656	3	-3,016	1,081	-0,977	-7,757	7,818
	17842	4	-2,760	0,000	-0,927	-8,075	8,128
	17661	5	-2,508	0,540	-1,099	-8,001	8,076
	17651	6	-3,268	0,540	-0,954	-8,024	8,080

11. Pada Penggantian Konstruksi Oprit Jembatan dengan menggunakan Mortar Foam + Pancang Mortar Foam Total Displacement (U) sebesar +5,592 Meter dengan dengan waktu konsolidasi selama 30 hari berada pada Node Tinjauan ( 17.842) di titik (X=-2,76 Meter, Y=0 meter) dengan Displacement ( $\Delta X=-0,916$  Meter,  $\Delta Y=-5,852$  Meter)

Clus. 4 - El. 565 Tanah Timbunan Soil_1_1	17840	1	-3,520	0,000	-0,908	-5,983	6,052
	18170	2	-2,000	0,000	-0,895	-5,735	5,804
	17656	3	-3,016	1,081	-0,933	-5,526	5,605
	17842	4	-2,760	0,000	-0,912	-5,852	5,922
	17661	5	-2,508	0,540	-1,069	-5,784	5,882
	17651	6	-3,268	0,540	-0,925	-5,786	5,859
	17841	7	-3,140	0,000	-0,911	-5,918	5,987

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggantian tanah timbunan pilihan dengan mortar busa secara signifikan mengurangi penurunan tanah. Penggunaan mortar busa saja mengurangi penurunan hingga 19,28%, sementara kombinasi mortar busa dengan pancang mortar busa mengurangi penurunan hingga 44,38%. Penelitian ini menyoroti efektivitas mortar busa dalam menstabilkan tanah lempung lunak dan mencegah penurunan yang berlebihan.

### KESIMPULAN

1. Pada Pasca Konstruksi Oprit Jembatan Dengan Menggunakan Timbunan Pilihan Berbutir Total Displacement (U) sebesar +10,068 Meter dengan dengan waktu konsolidasi selama 10 tahun dengan rata-rata nilai penurunan 83,90 cm/thn, tetapi dengan mengganti material konstruksi oprit dengan Mortar Foam terjadi penurunan sebesar 8,128 Meter dengan waktu konsolidasi selama 10 tahun dengan nilai rata-rata penurunan sebesar 67,73 cm/thn sehingga dengan konstruksi Mortar foam dapat menekan penurunan sebesar 19,28% dibandingkan dengan oprit dengan material timbunan pilihan berbutir.
2. Pada Penggantian Konstruksi Oprit Jembatan dengan menggunakan Mortar Foam + Kombinasi Pancang Mortar Foam terjadi Total Displacement (U) sebesar +5,592 Meter dengan waktu konsolidasi selama 10 tahun dengan nilai rata-rata penurunan sebesar 46,66 cm/thn sehingga dengan konstruksi Mortar foam + kombinasi Pancang Mortar Foam dapat menekan penurunan sebesar 44,38 % dibandingkan dengan oprit dengan material timbunan pilihan berbutir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atamini, H., dan Moestofa, B. (2018). Evaluasi Stabilitas dan Penurunan Antara Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan dengan Timbunan Pilihan Pada Oprit Jembatan (Studi Kasus: Flyover Antapani, Kota Bandung). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. No. 1, Vol. 4. Bandung
- B Herry Vaza. (n.d.). (2022). Teknologi Material Ringan Mortar-Busa Untuk Jalan Diatas Tanah Lunak. *Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2021. *SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik*
- Bahari, dkk. (2017). Analisis Geoteknik pada Teknologi Corrugated Mortar Busa Pusjatan (CMP) dalam perencanaan Flyover Antapani, *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*
- Bramantya G. (2021). Analisis Nilai Stabilitas Dan Penurunan Pada Timbunan Ringan Mortar Busa Dan Timbunan Tanah Konvensional Pada Oprit Jembatan. *Universitas Islam Indonesia*
- E Efendi, A. W.. 2022. Repair analysis of Pinang Bridge oprit subsidence with mortar form using LISA FEA. *Journal Of Research And Inovation In Civil Engineering As Applied Science*
- Efendi, A. W., Do, Y., & Rachman, N. F. (2022). Behavior of Rail Ballast Layer Using Mortar Foam with LISA-FEA. *Journal of Railway Transportation*.
- Faiz NF. (2022). Analisis Stabilitas Dan Penurunan Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan Dengan Menggunakan Timbunan Pilihan Pada Oprit Jembatan (Analysis Of Stability And Settlement Of Corrugated Mortar Pusjatan Compared By Using Selected Embankment On Bridge Oprit). *Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*
- Hidayat,D, Purwana, Y. M., & Pramesti, F. P. (2016). Analisis Material Ringan Dengan Mortar Busa Pada Konstruksi Timbunan Jalan. *Universitas Muhammadiyah Jakarta*
- Rudianto. (2021). Analisis Penurunan Tanah Dengan Plaxis 2d Dan 3d Pada Proyek Reklamasi Belawan.