



Tersedia Secara Online di

<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

JURMATEKS

<https://dx.doi.org/10.30737/jurmateks.v7i2.6288>

Alternatif Perencanaan Oprit Jembatan Batanghari (STA 15+750) di Jalan Tol Ruas Jambi – Rengat

F. I. Azami^{1*}, Y. Lastiasih²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Email : ^{1*}fikri.sipil12@gmail.com ²yudhi.lastiasih@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 05 - 12 - 2024
Artikel revisi : 13 - 12 - 2024
Artikel diterima : 28 - 12 - 2024

Keywords :

Approach Embankment,
Lightweight Material, Mortar
Foam. Variation

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

F. I. Azami dan Y. Lastiasih
"Alternatif Perencanaan Oprit Jembatan Batanghari (STA 15+750) di Jalan Tol Ruas Jambi-Rengat" *Jurmateks*, vol.7, no.2, pp. 98 - 113, 2024, doi: 10.30737/jurmateks.v7i2.6288

ABSTRACT

Batanghari Bridge is part of the Jambi-Rengat Toll Road, faces significant challenges due its clay as the topsoil and dominant stratigraphy of sand. These condition lead to high settlement potential and stability issues under heavy loads, requiring innovative to enhance stability and control costs. This study aims to evaluate the effectiveness of a combination of mortar foam and ordinary soil on at the Batanghari Bridge (STA 15+750). Observations were made at 2 abutments. Embankment material variation include 100% ordinary soil, 100% mortar foam, and combinations of 25%, 50%, and 75%. Results reveal that land subsidence from embankment loads and mortar foam remains high, necessitating alternative treatments. The findings indicate that for Abutment 1 benefits from Prefabricated Vertical Drain (PVD) and geotextile reinforcement, combined with 75% ordinary soil and 25% mortar foam. This approach reduces load and enhances stability at a cost of Rp29,045,321,602. Conversely, Abutment 2, with a 3-meter soft soil depth, achieves optimal results using 100% ordinary fill soil with replacement and geotextile reinforcement, costing Rp22,403,576,498. It was found that the differences in effective methods at Abutment 1 and Abutment 2 were caused by variations in subgrade conditions and soft soil depth at both locations. The study highlights the importance of tailoring embankment material and soil improvement methods to specific subgrade conditions. By demonstrating the effectiveness of combining material variations with soil improvement techniques, the findings contribute significantly to geotechnical engineering, offering practical, cost-efficient strategies for similar infrastructure projects.

1. Pendahuluan

Pulau Sumatera merupakan pulau dengan kontribusi perekonomian terbesar kedua bagi Indonesia setelah Pulau Jawa [1]. Untuk meningkatkan kelancaran lalu lintas logistik dan distribusi di Pulau Sumatera pemerintah pusat mendorong pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) [2], [3]. Salah satu ruas jalan tol utama yang akan dibangun adalah Jalan Tol

Ruas Jambi – Rengat yang menghubungkan JTTS antara Provinsi Jambi dan Provinsi Riau. Jalan Tol Ruas Jambi – Rengat dihubungkan oleh Jembatan Batanghari pada STA 15+750 yang terletak di Kecamatan Sekernan Kabupaten Muaro Jambi di Provinsi Jambi. Jembatan Batanghari Ruas Jambi – Rengat merupakan jembatan dengan bentang utama *balanced cantilever* 89,5+150+89,5 m dengan total panjang jembatan yaitu 1278,6 m [4]. Stratigrafi tanah pada abutmen 1 dan abutmen 2 jembatan di dominasi oleh tanah pasir. Pada lokasi ini juga ditemukan tanah lempung dan variasi lapisan antara lempung dan pasir hingga kedalaman tanah keras [4]. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik tanah dasar memiliki potensi penurunan dan stabilitas yang berbeda, terutama pada kondisi beban tinggi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif penanganan yang inovatif dan efektif untuk memastikan hasil yang optimum dalam aspek stabilitas, penurunan tanah, dan efisiensi biaya konstruksi.

Pemilihan bahan timbunan pada masa konstruksi yang sesuai dapat mempengaruhi kualitas, biaya, serta ketahanan jalan [5]. Pada umumnya, bahan timbunan oprit jembatan terdiri dari tanah timbunan biasa, batu pecah, atau material agregat lain. Pada kondisi tertentu, penggunaan material alternatif yang lebih inovatif dan efisien menjadi sangat penting. Salah satu material alternatif yang mulai banyak digunakan adalah mortar busa. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mortar busa dapat mengurangi penurunan tanah dasar pada kondisi tanah lunak [6], [7]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa campuran mortar busa dengan tanah liat dan semen meningkatkan stabilitas timbunan di tanah lunak [6]. Peneliti lain menemukan bahwa mortar busa efektif untuk mengurangi deformasi tanah dasar dalam proyek jalan raya [7]. Di sisi lain, mengidentifikasi bahwa kombinasi mortar busa dengan material alternatif lain dapat meningkatkan daya dukung tanah [8]. Sebagian besar penelitian ini dilakukan pada timbunan dengan ketinggian rendah, umumnya di bawah 10 meter, dan tanpa memperhatikan variasi kondisi tanah dasar.

Disisi lain, semakin tinggi lereng timbunan yang diakibatkan oleh besarnya beban maka faktor keamanan semakin kecil [8], [9]. Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan timbunan harus mempertimbangkan pengaruh tinggi lereng dan beban terhadap stabilitas [10], [11]. Namun, penelitian terkait efektivitas kombinasi antara mortar busa dan timbunan tanah biasa dengan ketinggian hingga 14 m, khususnya dengan tanah dasar lempung dengan stratigrafi dominan pasir seperti di lokasi Jembatan Batanghari, masih sangat terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi mortar busa dan tanah timbunan biasa pada Oprit Jembatan Batanghari (STA 15+750). Sehingga didapatkan desain yang optimal dalam mengurangi penurunan tanah, meningkatkan stabilitas lereng, dan

memenuhi faktor keamanan yang dipersyaratkan. Hasilnya diharapkan mampu menghasilkan desain timbunan yang stabil, efisien, dan ekonomis untuk mendukung keberlanjutan infrastruktur khususnya pada lokasi Jembatan Batanghari Jalan Tol Ruas Jambi – Rengat.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan komparatif untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan material timbunan mortar busa dan timbunan biasa atau kombinasi keduanya. Penelitian difokuskan pada 2 lokasi abutmen Jembatan Batanghari, yaitu abutmen 1 dan abutmen 2 [4]. Analisis dilakukan dengan membandingkan parameter tanah yang diperoleh dari data laboratorium dan pendekatan korelasi terhadap hasil N-SPT untuk mengevaluasi stabilitas, penurunan tanah, dan efisiensi material timbunan.



Sumber : Laporan Akhir RTA Jalan Tol Ruas Jambi – Rengat Seksi 1 (PT Utama Karya, 2022)[4].

Gambar 1. Lokasi Jembatan Batanghari Ruas Jambi – Rengat

Pengamatan dilakukan pada lokasi Jembatan Batanghari STA 15+750 Jalan Tol Ruas Jambi - Rengat di Kecamatan Sekernan Kabupaten Muaro Jambi di Provinsi Jambi dapat dilihat pada **Gambar 1**. Penelitian ini mencakup studi perbandingan kondisi tanah dasar di kedua abutmen, dengan fokus pada pengaruh kombinasi material terhadap penurunan tanah dan stabilitas lereng. Pendekatan ini dirancang untuk menemukan metode perbaikan tanah dan desain timbunan yang optimal sesuai dengan kondisi tanah lokal serta persyaratan teknis proyek infrastruktur.

2.1 Pengumpulan Data

Data sekunder yang digunakan meliputi data tanah dasar (*Boring Log* dan SPT) [11], tanah timbunan, spesifikasi material, data beban. Data ini digunakan sebagai dasar perhitungan penurunan tanah dan stabilitas timbunan serta kekuatannya. Selain itu, data harga material dikumpulkan untuk menghitung total biaya konstruksi

Spesifikasi data timbunan yang digunakan dalam perencanaan digunakan dua material dengan nilai parameter tanah timbunan seperti pada **Tabel 1** [12], [13].

Tabel 1. Data Parameter Material

Parameter Timbunan	Tanah Sirtu	Mortar Busa	
		Base	Subbase
γ (t/m ³)	1,85	0,8	0,6
C (t/m ²)	0,5	6	6
Φ °	30	40	45
Kuat Tekan (t/m ²)	-	80	200

Sumber: Data Penelitian (2024).

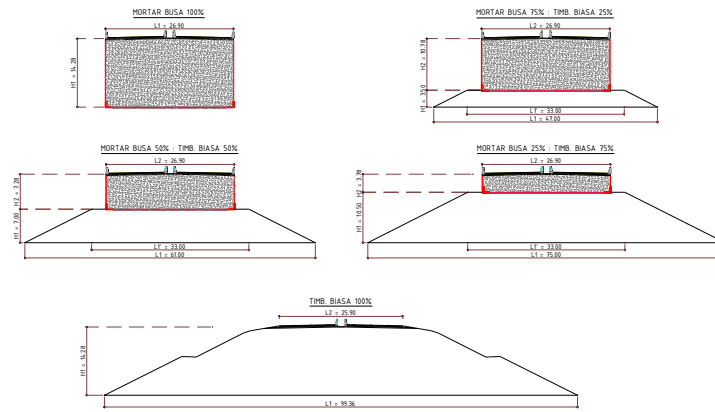
Beban perkerasan jalan pada oprit direncanakan menggunakan desain perkerasan lentur dengan ketebalan total 46 cm. Beban lalu lintas direncanakan memiliki berat volume sebesar 1,5 t/m³ [14]. beban barrier 1 muka direncanakan memiliki berat volume sebesar 0,97 t/m dan beban akibat gempa direncanakan menggunakan SNI 1726-2019 dengan mengacu pada data tanah dilokasi penelitian dengan kelas Situs SE – Tanah Lunak [15].

2.2 Analisis Data Tanah

Analisis data dilakukan untuk menentukan jenis tanah dasar dan kedalaman tanah lunak berdasarkan data hasil uji SPT dan bor log [16], [17]. Data yang diperoleh dianalisis melalui perbandingan hasil laboratorium dan pendekatan/korelasi dengan N-SPT [18]. Dari analisis ini, parameter tanah dasar yang dihasilkan meliputi *specific gravity* (Gs), *void ratio* (e), *water content* (Wc), berat volume/densitas tanah (γ), nilai kohesi tanah (C), sudut geser tanah (ϕ), indeks pemampatan (Cc), indeks mengembang (Cs), koefisien konsolidasi vertikal (Cv), dan nilai koefisien konsolidasi horizontal (Ch). Nilai Cc dan Cs dihitung menggunakan rumus empiris terhadap *void ratio* [19], [20].

2.3 Desain Timbunan

Penelitian ini mencakup variasi kombinasi proporsi material mortar busa dan tanah timbunan biasa dengan kelipatan 25%, 50%, 75% dan 100%. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh variasi komposisi material terhadap tingkat pemampatan dan stabilitas tanah dasar. Variasi material timbunan dirancang untuk mengevaluasi pengaruh pembebanan (q) terhadap pemampatan tanah dasar berdasarkan perencanaan ketinggian awal (H_{final}) dan akhir (H_{inisial}) Adapun desain perencanaan variasi timbunan dan mortar busa dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Sumber: Data Penulis (2024).

Gambar 2. Desain Perencanaan Variasi Dimensi Timbunan dan Mortar Busa

Desain perencanaan setiap variasi kombinasi material timbunan disajikan secara rinci pada **Gambar 2**. Desain ini memperlihatkan struktur geometris timbunan dengan proporsi material yang berbeda. Perbedaan proporsi material seperti mortar busa dan tanah biasa menghasilkan variasi berat timbunan, yang secara langsung memengaruhi tekanan vertikal pada tanah dasar.

2.4 Perhitungan Pemampatan Tanah Dasar

Pemampatan tanah dihitung dari hasil analisis data tanah serta perencanaan pembebanan untuk jalan raya. Perhitungan pemampatan tanah dasar penelitian ini berdasarkan pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*) yaitu pada saat tanah berada dalam kondisi *overconsolidated* dengan pertimbangan kondisi tanah yang dipengaruhi oleh fluktuasi muka air dan juga dapat diakibatkan dari beban timbunan tanah dan beban timbunan mortar busa. Dilakukan perhitungan penurunan berdasarkan beban tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) dan dihitung dengan cara bertahap yaitu setiap 0,5 m.

Pemampatan tanah dasar pada penelitian ini di analisis berdasarkan beban timbunan material timbunan biasa dan mortar busa. Pemampatan yang terjadi dianalisis dengan pendekatan, Dimana pemampatan dihitung menggunakan persamaan konsolidasi Persamaan berikut [21]:

- Apabila $\sigma'_o + \Delta\sigma_1 \leq \sigma'_c$

$$Sc = \frac{C_s H}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_1}{\sigma'_o} \right) \tag{1}$$

- Apabila $\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 \leq \sigma'_c$

$$Sc = \frac{C_s H}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2}{\sigma'_o + \Delta\sigma_1} \right) \tag{2}$$

- Apabila $\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 < \sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3 > \sigma'_c$

$$Sc = \frac{C_s H}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2} \right) + \frac{C_c H}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3}{\sigma'_c} \right) \tag{3}$$

- Apabila $\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3 + \Delta\sigma_4 > \sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3$

$$Sc = \frac{C_c H}{1+e_o} \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3 + \Delta\sigma_4}{\sigma'_o + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3} \right) \quad (4)$$

dengan :

C_c = Indeks pemampatan (*compression index*)

C_s = Indeks mengembang (*swelling index*)

σ'_o = Tegangan efektif overburden

Δp = Penambahan tegangan akibat beban tahapan timbunan

e_o = Angka pori tanah dasar [20].

2.5 Perencanaan Stabilitas Timbunan

Perencanaan perkuatan stabilitas timbunan dilakukan pada timbunan yang memiliki nilai angka keamanan (SF) di bawah $SF_{rencana} = 1,5$ [14], analisis angka keamanan dan momen penahan eksisting menggunakan model irisan Bishop dengan bantuan program bantu Geo5 [21].

2.6 Perhitungan Volume dan Biaya Material

Menghitung kebutuhan material yang digunakan untuk mengetahui harga yang diperlukan. Dari jumlah material ini akan ditentukan alternatif perencanaan yang paling ekonomis untuk dilaksanakan.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Analisis Data Tanah

Hasil analisis data parameter tanah, seperti jenis tanah, konsistensi, nilai koreksi N-SPT, berat volume (γ_{sat}), kohesi tanah (C_u), sudut geser tanah (Φ), koefisien konsolidasi vertikal (C_v), indeks pemampatan (C_c), dan indeks mengembang (C_s), disajikan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**. Data ini memberikan informasi rinci tentang kondisi tanah di masing-masing abutmen, termasuk perbedaan stratigrafi dan kekuatan tanah di berbagai kedalaman.

Tabel 2. Data Parameter Tanah Abutmen 1

Elevasi	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	N-SPT Koreksi	γ_{sat}^* (t/m ³)	C_u^* (t/m ²)	Φ^*	C_v^*	C_c^*	C_s^*
0 - 6	Lempung	<i>soft</i>	4,50	1,538	0,900	6,229	3,E-04	3,E-01	6,E-02
6 - 20	Pasir	<i>medium</i>	12,86	1,513	0,000	28,857	0,000	0,000	0,000
20 - 22	Lempung	<i>very stiff</i>	34,72	1,964	4,326	19,746	1,E-03	4,E-02	8,E-03
22 - 25	Pasir	<i>medium</i>	21,11	1,698	0,000	31,334	0,000	0,000	0,000
25 - 30	Lempung	<i>very stiff</i>	33,24	1,686	4,443	19,331	6,E-04	4,E-02	8,E-03
30 - 49	Pasir	<i>medium</i>	20,07	1,674	0,000	31,022	0,000	0,000	0,000
49 - 50	Lempung	<i>very stiff</i>	32,38	2,000	6,476	19,089	1,E-03	4,E-02	8,E-03

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Tabel 3. Data Parameter Tanah Abutmen 2

Elevasi	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	N-SPT Koreksi	γ sat* (t/m ³)	Cu* (t/m ²)	Φ *	Cv*	Cc*	Cs*
0 - 3	Lempung	medium	5,46	1,153	1,091	9,351	2,E-05	2,E-01	4,E-02
3 - 37	Pasir	medium	12,46	1,504	0,000	28,739	0,000	0,000	0,000
37 - 46	Lempung	very stiff	23,99	1,832	3,520	10,673	8,E-04	5,E-02	9,E-03
46 - 60	Pasir	medium	12,90	1,513	0,000	28,869	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Dari **Tabel 2** dan **Tabel 3**, yang memuat parameter tanah di Abutmen 1 dan Abutmen 2, dapat dilihat perbedaan karakteristik tanah dasar di kedua lokasi penelitian. Pada Abutmen 1, kedalaman tanah lunak (lempung dengan konsistensi *soft*) mencapai 6 meter, diikuti oleh lapisan pasir (*medium*) dan lapisan lempung dengan konsistensi *very stiff*. Sebaliknya, pada Abutmen 2, tanah lunak hanya ditemukan hingga kedalaman 3 meter, dan sisanya didominasi oleh pasir (*medium*) dengan lapisan lempung *very stiff* di kedalaman tertentu.

3.2 Evaluasi Kondisi Eksisting Timbunan Berbasis Mortar Busa

a. Pemampatan Tanah Dasar

Analisis pemampatan tanah dasar memberikan hasil evaluasi terkait tingkat penurunan tanah yang terjadi akibat beban timbunan biasa dan kombinasi mortar busa. Berdasarkan hasil analisis ini diperoleh nilai pemampatan dan rekap selisih penurunan dari tahun. Data tersebut, sebagaimana disajikan pada Tabel 4, memberikan gambaran tentang kecepatan penurunan tanah untuk berbagai variasi material timbunan.

Tabel 4. Selisih Penurunan dari Tahun Sebelumnya (cm/tahun)

Abutmen 1	Masa Konstruksi	Selisih Penurunan dari Tahun Sebelumnya (cm/tahun)										
		Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5	Tahun 6	Tahun 7	Tahun 8	Tahun 9	Tahun 10	
1	Timbunan Biasa 100%	34,44	14,27	10,95	8,20	6,79	5,45	4,37	3,51	2,81	2,26	1,81
2	Timbunan Biasa 75% : Mortar Busa 25%	31,61	13,09	10,05	7,52	6,23	5,00	4,01	3,22	2,58	2,07	1,66
3	Timbunan Biasa 50% : Mortar Busa 50%	28,66	11,87	9,11	6,82	5,65	4,53	3,64	2,92	2,34	1,88	1,51
4	Timbunan Biasa 25% : Mortar Busa 75%	24,46	10,13	7,78	5,82	4,82	3,87	3,10	2,49	2,00	1,60	1,29
5	Mortar Busa 100%	19,74	8,18	6,28	4,70	3,89	3,12	2,51	2,01	1,61	1,29	1,04
Abutmen 2												
1	Timbunan Biasa 100%	9,16	3,79	2,91	2,45	2,16	1,96	1,80	1,67	1,57	1,49	1,41
2	Timbunan Biasa 75% : Mortar Busa 25%	8,54	3,54	2,71	2,29	2,02	1,82	1,68	1,56	1,47	1,39	1,32
3	Timbunan Biasa 50% : Mortar Busa 50%	7,88	3,27	2,51	2,11	1,86	1,68	1,55	1,44	1,35	1,28	1,22
4	Timbunan Biasa 25% : Mortar Busa 75%	7,06	2,92	2,24	1,89	1,67	1,51	1,39	1,29	1,21	1,15	0,93
5	Mortar Busa 100%	5,93	2,46	1,88	1,59	1,40	1,27	1,16	1,08	1,02	0,96	0,78

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Berdasarkan **Tabel 4** nilai selisih penurunan pada tahun ke-2 setelah konstruksi menunjukkan bahwa pada abutmen 1, timbunan biasa 100% sebesar 10,95 cm/tahun sedangkan untuk variasi timbunan biasa 75% dan mortar busa 25% sebesar 10,05 cm/tahun. Hal ini

menunjukkan penggunaan mortar busa yang memiliki berat volume yang lebih kecil mampu menghasilkan penurunan tanah yang lebih kecil dibandingkan dengan material timbunan tanah [20]. Pada Abutmen 2, penurunan tanah untuk timbunan biasa 100% tercatat sebesar 3,79 cm/tahun, sementara variasi dengan 75% tanah biasa dan 25% mortar busa menghasilkan penurunan yang lebih kecil, yaitu 2,71 cm/tahun. Perbedaan ini menegaskan bahwa penggunaan mortar busa memiliki dampak positif dalam mengurangi tingkat pemampatan tanah, terutama di lokasi dengan lapisan tanah lunak yang lebih dangkal.

Namun, hasil analisis juga menunjukkan bahwa baik pada Abutmen 1 maupun Abutmen 2, penurunan tanah akibat beban timbunan dan mortar busa masih belum memenuhi persyaratan kecepatan penurunan tanah 2 cm/tahun [23]. Oleh karena itu, diperlukan metode penanganan tambahan untuk memperkecil nilai pemampatan tanah atau mempercepat lama waktu pemampatan yang terjadi untuk mengurangi nilai pemampatan tanah dan mempercepat waktu konsolidasi sehingga memenuhi persyaratan teknis.

b. Safety Factor

Perencanaan perkuatan stabilitas timbunan dilakukan pada timbunan yang memiliki nilai SF di bawah $SF_{rencana} = 1,5$.

Tabel 5. Nilai SF (*Safety Factor*) Pada Variasi Timbunan Tanpa Perkuatan

No	Timbunan	SF Abutmen 1	SF Abutmen 2
1	Timbunan Biasa 100%	0,45	0,86
2	Timbunan Biasa 75% : Mortar Busa 25%	0,47	0,87
3	Timbunan Biasa 50% : Mortar Busa 50%	0,49	0,84
4	Timbunan Biasa 25% : Mortar Busa 75%	0,61	0,87
5	Mortar Busa 100%	0,82	1,06

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Berdasarkan **Tabel 5** didapatkan bahwa faktor keamanan terbesar pada abutmen 1 terdapat pada timbunan mortar busa 100% dengan angka keamanan sebesar 0,82, sedangkan pada abutmen 2 terdapat pula pada timbunan mortar busa 100% dengan angka keamanan sebesar 1,06. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa timbunan mortar busa cenderung memiliki stabilitas yang lebih tinggi karena memiliki nilai *Safety Factor* (SF) yang lebih tinggi dari timbunan tanah sirtu [10].

3.3 Optimasi Perbaikan

Perbaikan tanah dasar bertujuan untuk mengurangi besarnya pemampatan atau mempercepat proses pemampatan tanah dan meningkatkan Faktor keamanan timbunan. Untuk mengurangi besarnya pemampatan atau mempercepat proses pemampatan tanah digunakan 2 metode utama, yaitu *Prefabricate Vertical Drain* (PVD) dan *Replacement* [22]. Untuk meningkatkan faktor keamanan timbunan, metode perkuatan dibagi menjadi dua tipe. Timbunan dengan variasi material berupa kombinasi tanah biasa dan mortar busa, serta

Alternatif Perencanaan Oprit Jembatan Batanghari (STA 15+750) di Jalan Tol Ruas Jambi - Rengat

<https://dx.doi.org/10.30737/jurmateks.v7i2.6288>



timbunan yang menggunakan 100% tanah biasa, akan menggunakan tipe perkuatan geotekstil. Sementara itu, untuk timbunan yang menggunakan 100% mortar busa, akan diterapkan tipe perkuatan mini pile.

a. Perbaikan Pemampatan Tanah

Pada Abutmen 1, dengan kedalaman tanah lunak sedalam 6 m dilakukan perbaikan menggunakan PVD Segi Empat dengan spasi 1 m untuk mempercepat waktu penurunan. Sedangkan pada abutmen 2 dengan kedalaman tanah lunak 3 m penanganan dilakukan perbaikan dengan metode *replacement* untuk perbaikan tanah dasar dengan kedalaman 1 – 5 m [24]. Hasil analisis pemampatan tanah diuraikan pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

Tabel 6. Pemampatan Tanah Abutmen 1

Abutment 1	Penanganan Settlement	Penurunan Tanah [Sc] (m)	Waktu Penurunan (U : 90%)	Penurunan (U : 90%) (m)	Secondary Settlement (setelah 10 Tahun) (m)
1 Timbunan Biasa 100%	PVD Segi Empat S = 1	1,022	31 Minggu	0,934	0,016
2 Timbunan Biasa 75% : Mortar Busa 25%	PVD Segi Empat S = 1	0,938	31 Minggu	0,857	0,015
3 Timbunan Biasa 50% : Mortar Busa 50%	PVD Segi Empat S = 1	0,851	31 Minggu	0,777	0,015
4 Timbunan Biasa 25% : Mortar Busa 75%	PVD Segi Empat S = 1	0,726	31 Minggu	0,663	0,015
5 Mortar Busa 100%	PVD Segi Empat S = 1	0,586	30 Minggu	0,532	0,014

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Tabel 7. Rekap Pemampatan Tanah Abutmen 2

Abutment 2	Penanganan Settlement	Penurunan Tanah [Sc] (m)	Waktu Penurunan (Tercapai 2 cm/tahun)	Penurunan (saat Tercapai 2 cm/tahun) (m)	Secondary Settlement (setelah 10 Tahun) (m)
1 Timbunan Biasa 100%	<i>Replacement</i> 2 m	0,155	2 Tahun	0,111	0,005
2 Timbunan Biasa 75% : Mortar Busa 25%	<i>Replacement</i> 2 m	0,143	2 Tahun	0,103	0,005
3 Timbunan Biasa 50% : Mortar Busa 50%	<i>Replacement</i> 1 m	0,242	2 Tahun	0,108	0,003
4 Timbunan Biasa 25% : Mortar Busa 75%	<i>Replacement</i> 1 m	0,212	1,5 Tahun	0,094	0,003
5 Mortar Busa 100%	<i>Replacement</i> 1 m	0,171	1 Tahun	0,076	0,003

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Berdasarkan analisis pemampatan tanah yang dilakukan pada kedua abutmen, hasilnya menunjukkan bahwa penerapan metode perbaikan tersebut efektif dalam mengurangi penurunan tanah dan mempercepat waktu konsolidasi.

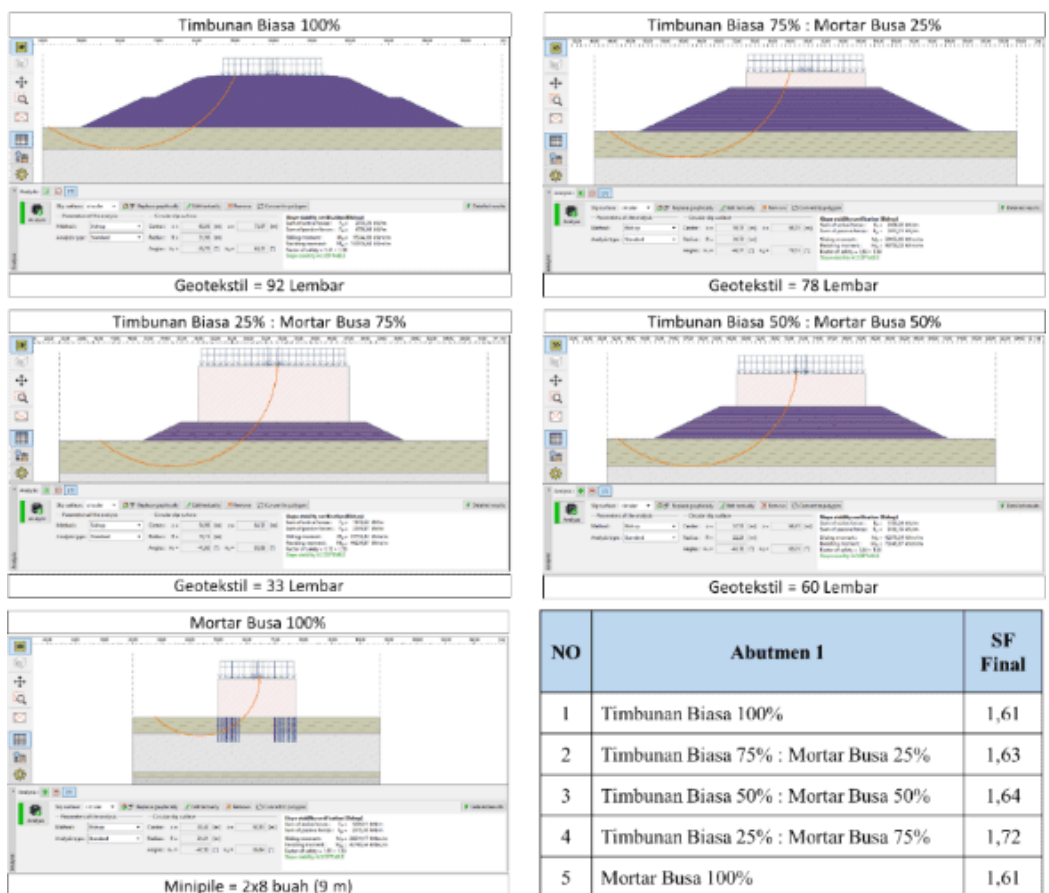
Pada Abutmen 1, penggunaan PVD segi empat menghasilkan percepatan waktu penurunan hingga 30 minggu untuk timbunan mortar busa 100% dan 31 minggu untuk variasi lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya dengan hasil bahwa terjadi peningkatan waktu konsolidasi tanah yang signifikan untuk mencapai konsolidasi 90% akibat penggunaan PVD [25]. Penurunan tanah tertinggi terjadi pada variasi timbunan tanah biasa 100%, yaitu sebesar 1,022 m, sementara kombinasi 75% mortar busa dan 25% tanah biasa menghasilkan

penurunan yang lebih rendah, yaitu 0,726 m. Variasi material mortar busa 100% menghasilkan penurunan paling kecil, yaitu 0,586 m, dengan waktu konsolidasi tetap sekitar 30 minggu.

Sedangkan Abutmen 2 setelah dilakukan penanganan *settlement* menggunakan *replacement* 1 – 2 m, untuk timbunan biasa 100% yaitu sebesar 0,111 m di tahun ke-2 dan untuk variasi timbunan biasa 75% dan mortar busa 25% sebesar 0,076 m di tahun ke-2. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya terkait perbaikan stabilitas jalan tol dengan kondisi tanah lunak, didapatkan hasil bahwa penggunaan tanah pengganti memberikan peningkatan pada daya dukung tanah dasar untuk mengurangi deformasi [26].

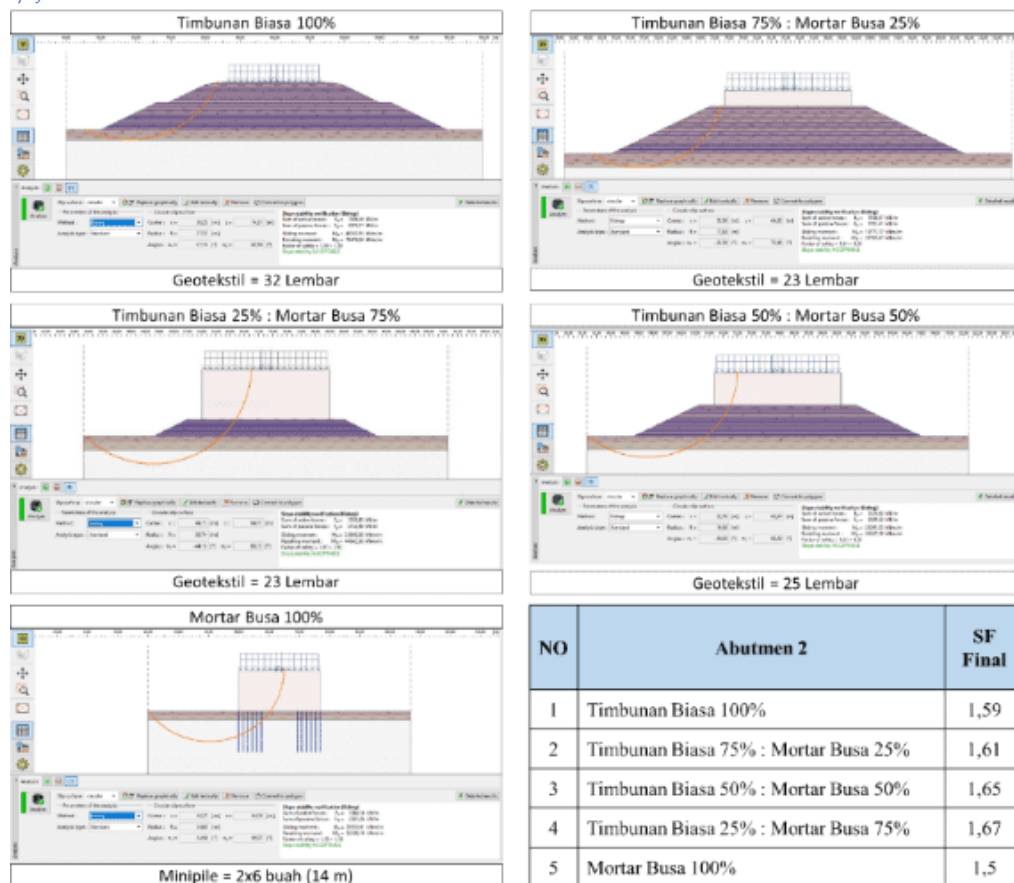
b. Perbaikan Stabilitas Timbunan

Perkuatan timbunan Timbunan Biasa 100% dan variasi timbunan biasa & mortar busa menggunakan geotekstil, sedangkan untuk timbunan Mortar Busa 100% menggunakan *mini pile* [22]. Jenis Geotekstil yang digunakan pada perencanaan ini adalah Mirafi PET 200-50 dengan T_{ult} 200 kN/m. Tipe *mini pile* yang digunakan yaitu *PC Square Piles* dengan ukuran 300 x 300 mm kelas B. Adapun hasil analisis stabilitas timbunan menggunakan *software* bantu *geo5* dapat dilihat berdasarkan **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Gambar 3. Stabilitas Timbunan Setelah Perkuatan Lokasi Abutmen 1.



Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Gambar 4. Stabilitas Timbunan Setelah Perkuatan Lokasi Abutmen 2.

Berdasarkan **Gambar 3** dan **Gambar 4** analisis stabilitas timbunan setelah diberikan penanganan tanah dasar dan perkuatan menunjukkan bahwa angka keamanan berhasil mencapai lebih dari 1,5. Pada Abutmen 1, kebutuhan geotekstil tertinggi terdapat pada timbunan biasa 100%, yaitu sebanyak 92 lembar, sementara pada Abutmen 2 kebutuhan geotekstil tertinggi juga terdapat pada timbunan biasa 100% dengan 32 lembar geotekstil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase variasi mortar busa dalam timbunan, semakin sedikit geotekstil yang dibutuhkan karena berkurangnya beban pada timbunan[6], [7].

Perkuatan geotekstil dan *mini pile* efektif dalam meningkatkan angka keamanan. Geotekstil meningkatkan kohesi efektif tanah dan sudut geser dalam[27]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil mampu meningkatkan SF dari 1,43 menjadi 1,53 [28]. Sementara itu, *mini pile* efektif dalam menghambat pergeseran tanah pada bidang longsor, sehingga mampu meningkatkan stabilitas dan nilai SF [29].

3.4 Rekapitulasi Desain dan Biaya Material

Setelah dilakukan perencanaan terhadap variasi timbunan dan mortar busa didapatkan rekapitulasi penanganan dan perkuatan variasi timbunan berdasarkan **Tabel 8** dan **Tabel 9**.

Tabel 8. Rekapitulasi Desain Abutmen 1

No	Timbunan	Tinggi Timbunan (m)	Abutment 1		Abutment 2	
			Penanganan Tanah Dasar	Perkuatan Stabilitas	Penanganan Tanah Dasar	Perkuatan Stabilitas
1	Mortar Busa 0%	0	PVD Segi Empat S = 1	Geotekstil = 92 Lembar	Replacement 2 m	Geotekstil = 32 Lembar
	Timb. Biasa 100%	14,28				
2	Mortar Busa 25%	3,78	PVD Segi Empat S = 1	Geotekstil = 78 Lembar	Replacement 2 m	Geotekstil = 23 Lembar
	Timb. Biasa 75%	10,5				
3	Mortar Busa 50%	7,28	PVD Segi Empat S = 1	Geotekstil = 60 Lembar	Replacement 1 m	Geotekstil = 25 Lembar
	Timb. Biasa 50%	7				
4	Mortar Busa 75%	10,78	PVD Segi Empat S = 1	Geotekstil = 33 Lembar	Replacement 1 m	Geotekstil = 23 Lembar
	Timb. Biasa 25%	3,5				
5	Mortar Busa 100%	14,28	PVD Segi Empat S = 1	Mini pile = 2x8 buah Kedalaman = 9 m	Replacement 1 m	Mini pile = 2x6 buah Kedalaman = 14 m
	Timb. Biasa 0%	0				

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Tabel 8 menunjukkan kebutuhan penanganan tanah dasar berupa PVD segi empat dengan jarak 1 m dan perkuatan stabilitas menggunakan geotekstil atau *mini pile*, serta menunjukkan kebutuhan penanganan tanah dasar berupa *replacement* 1 – 2 m dan perkuatan stabilitas menggunakan geotekstil dan *mini pile*. Pada Abutmen 1, kebutuhan geotekstil tertinggi terdapat pada timbunan tanah biasa 100% (92 lembar), sedangkan untuk mortar busa 100%, digunakan mini pile sebanyak 8 buah dengan kedalaman 9 meter. Untuk Abutmen 2, penanganan tanah dasar dilakukan dengan replacement (kedalaman 1–2 m), diikuti perkuatan geotekstil (maksimal 25 lembar untuk tanah biasa 100%) dan mini pile (6 buah untuk mortar busa 100%, kedalaman 14 meter).

Rekapitulasi menunjukkan bahwa kombinasi metode ini memenuhi syarat penurunan tanah dan stabilitas. Biaya material dihitung berdasarkan volume kebutuhan untuk panjang jalan 50 meter, seperti tercantum pada **Tabel 9**. Untuk mengetahui biaya dari masing-masing alternatif perlu dilakukan perhitungan volume atau kebutuhan material dikalikan dengan harga satuan sesuai material [4].

Tabel 9. Rekapitulasi Biaya Konstruksi 50 m

Abutmen 1						
No	Item	Timbunan Biasa 100%	Timbunan Biasa 75% : Mortar Busa 25%	Timbunan Biasa 50% : Mortar Busa 50%	Timbunan Biasa 25% : Mortar Busa 75%	Mortar Busa 100%
1	Timbunan Tanah	Rp12.861.095.293	Rp7.570.327.149	Rp4.392.664.567	Rp1.869.213.283	-
2	Mortar Busa	-	Rp9.465.122.868	Rp18.045.745.669	Rp26.626.368.469	Rp35.206.991.270
3	Perkuatan Tanah	Rp14.810.714.144	Rp10.041.845.121	Rp6.677.246.831	Rp3.301.768.542	Rp5.748.504.489
4	Perkerasan	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464
Total		Rp29.639.835.901	Rp29.045.321.602	Rp31.083.683.532	Rp33.765.376.759	Rp42.923.522.223
Abutmen 2						
No	Item	Timbunan Biasa 100%	Timbunan Biasa 75% : Mortar Busa 25%	Timbunan Biasa 50% : Mortar Busa 50%	Timbunan Biasa 25% : Mortar Busa 75%	Mortar Busa 100%
1	Timbunan Tanah	Rp12.861.095.293	Rp7.570.327.149	Rp4.392.664.567	Rp1.869.213.283	Rp359.155.981
2	Mortar Busa	-	Rp9.465.122.868	Rp18.045.745.669	Rp26.626.368.469	Rp35.206.991.270
3	Perkuatan Tanah	Rp7.574.454.741	Rp4.908.648.518	Rp3.438.962.931	Rp2.660.961.602	Rp5.519.477.654
4	Perkerasan	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464	Rp1.968.026.464
Total		Rp22.403.576.498	Rp23.912.125.000	Rp27.845.399.631	Rp33.124.569.819	Rp43.053.651.369

Sumber : Hasil Analisis Data Penulis (2024).

Alternatif Perencanaan Oprit Jembatan Batanghari (STA 15+750) di Jalan Tol Ruas Jambi - Rengat

<https://dx.doi.org/10.30737/jurmateks.v7i2.6288>



Dari hasil perhitungan volume material dilakukan perbandingan untuk menentukan harga perencanaan optimum. Berdasarkan **Tabel 9** hasil perhitungan biaya konstruksi jalan tol sepanjang 50 m, didapatkan bahwa pada abutmen 1 harga terendah adalah Timbunan Biasa 75%: Mortar Busa 25% menggunakan perbaikan tanah PVD kedalaman 6 m dan perkuatan stabilitas geotekstil 33 lembar dengan biaya konstruksi sebesar Rp. 29.045.321.602. Namun pada abutmen 2 harga terendah adalah timbunan biasa 100% menggunakan perbaikan tanah *replacement* kedalaman 2 m dan perkuatan stabilitas geotekstil 32 dengan biaya konstruksi sebesar Rp. 22.403.576.498.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mortar busa dengan berat volume lebih rendah, efektif mengurangi penurunan tanah dibandingkan dengan tanah timbunan biasa. Namun penggunaan mortar busa secara mandiri belum cukup untuk mengatasi permasalahan penurunan dan stabilitas timbunan pada timbunan setinggi 14 m, sehingga diperlukan metode perbaikan tanah dan perkuatan tambahan. Pada Abutmen 1, desain optimal terdiri dari kombinasi Timbunan Biasa 75%: Mortar Busa 25% menggunakan perbaikan tanah PVD dan perkuatan stabilitas geotekstil. Sementara itu, pada Abutmen 2 solusi paling efektif dan ekonomis adalah penggunaan 100% tanah timbunan biasa dengan metode *replacement* dan perkuatan geotekstil. Metode ini memenuhi persyaratan teknis terkait kecepatan penurunan tanah dan faktor keamanan. Temuan ini menunjukkan bahwa solusi optimal berbeda pada setiap abutmen Mortar busa terbukti menjadi alternatif material yang layak, memberikan manfaat signifikan dalam mengurangi penurunan tanah, terutama jika dikombinasikan dengan metode perkuatan yang sesuai. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan desain timbunan pada proyek infrastruktur.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan PT Hutama Karya (Persero) yang telah mendukung dalam kelancaran penyusunan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, “Statistik Indonesia 2024,” 2024.
<https://www.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/c1bacde03256343b2bf769b0/statistik-indonesia-2024.html>

- [2] M. Siswoyo, "The Impact of Toll Road Development: An Analysis Based on Public Administration Ecology," *J. Southwest Jiaotong Univ.*, vol. 55, no. 3, 2020, doi: 10.35741/issn.0258-2724.55.3.53.
- [3] P. M. Wicaksana, E. Buchari, and M. Agustien, "The Impact of Trans Sumatera Toll Road Development on The National Road in Palembang City," *Cantilever J. Penelit. dan Kaji. Bid. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 1, pp. 65–72, 2022, doi: 10.35139/cantilever.v11i1.137.
- [4] Hutama Karya (Persero), "Laporan Rencana Teknik Akhir Jalan Tol Ruas Jambi – Rengat Seksi 1," Jakarta, 2024.
- [5] S. Bartlett, D. Arellano, J. Vaslestad, R. Aabøe, and T. Ahmed, "Bridge foundations supported by EPS geofom embankments on soft soil," *10th Int. Conf. Geosynth. ICG 2014*, pp. 281–294, 2014.
- [6] S. Chaiyaput, J. Ayawanna, P. Jongpradist, H. Poorahong, R. Sukkarak, and P. Jamsawang, "Application of a cement–clay–air foam mixture as a lightweight embankment material for construction on soft clay," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 18, no. May, p. e02188, 2023, doi: 10.1016/j.cscm.2023.e02188.
- [7] A. Febriansya, A. K. Somantri, Iskandar, L. Z. Mase, and R. Raafidiani, "Experimental Study of an Embankment Over a Soft Soil Layer Using Clay-Fly Ash-Eps Mixtures As a Lightweight Fill Material," *Int. J. GEOMATE*, vol. 23, no. 98, pp. 39–46, 2022, doi: 10.21660/2022.98.3415.
- [8] P. P. Rahardjo, B. W. Anggoro, M. Wijaya, and D. P. Seourin, "EPS-Geofoam as Lightweight material for Replacement of Embankment Fill to Overcome Landslide Problems at STA 40+200 of Cisumdawu Toll Road, West Java," *IOP Conf Ser Earth Env. Sci*, vol. 1249, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1249/1/012001.
- [9] D. R. Akbari, "Analisa Kestabilan Lereng Timbunan Terhadap Variasi Material dan Tinggi Timbunan, Durasi Hujan dan Sensitivitas pada Ruas Jalan P.Molang - Bululawang STA 0+950 - 1+250," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2022.
- [10] M. A. Putra Adi, Y. Lastiasih, and I. B. Mochtar, "Alternatif Perencanaan Timbunan Jalan dengan Material Sirtu dan Material Ringan Mortar Busa pada Jalan Tol Batang – Semarang Seksi III Weleri – Kendal STA 414+525 – STA 424+576," *J. Transp. Sist. Mater. dan Infrastruktur*, vol. 1, no. 2, p. 72, 2019, doi: 10.12962/j26226847.v1i2.5029.
- [11] S. Kraus *et al.*, "Literature reviews as independent studies: guidelines for academic practice," *Rev. Manag. Sci.*, vol. 16, no. 8, pp. 2577–2595, 2022, doi: 10.1007/s11846-

- [12] K. PUPR, “Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 1,” *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, no. September, pp. 1–199, 2018.
- [13] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, “Surat Edaran Kementerian PUPR tentang Pedoman Perencanaan Teknis Timbunan Material Ringan Mortar Busa untuk Konstruksi Jalan,” *Indonesia*, 2015.
- [14] SNI 8460:2017, “Persyaratan Perancangan Geoteknik,” *Standar Nas. Indones.*, vol. 8460, pp. 1–323, 2017.
- [15] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 1726:2019 :Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan NongedungTata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung,” no. 8, 2019.
- [16] A. S. Saada, G. Fries, and C. C. Ker, “An Evaluation of Laboratory Testing Techniques in Soil Mechanics,” *Soils Found.*, vol. 23, no. 2, pp. 98–112, 1983, doi: 10.3208/sandf1972.23.2_98.
- [17] F. Tatsuoka and et.al, “Standard Penetration Tests and Soil Liquefaction Potential Evaluation,” *Soils Found.*, vol. 20, no. 4, pp. 95–111, 1980, doi: 10.3208/sandf1972.20.4_95.
- [18] C. Kang *et al.*, “Examination of the correlation between SPT and undrained shear strength: Case study of clay till in Alberta, Canada,” *Eng. Geol.*, vol. 334, p. 107510, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2024.107510>.
- [19] R. Rochmawati, P. H. Sitorus, and I. Irianto, “Slope stability analysis using GEO5 in Gurabesi Village Papua Province based on limit equilibrium method,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 3145, no. 1, p. 20060, Jul. 2024, doi: 10.1063/5.0214559.
- [20] A. Maulana, N. E. Mochtar, and P. T. Kumalasari, “Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684),” *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, pp. 2–9, 2020, doi: 10.12962/j23373539.v8i2.45914.
- [21] Tim Dosen Rumpun Mata Kuliah Geoteknik Departemen Teknik Sipil, *Modul Ajar Timbunan Dan Konstruksi Penahan Tanah*. Surabaya, 2023.
- [22] H. Wahyudi, Y. Lastiasih, T. R. Satrya, M. Arif, and P. T. K. Sari, “the Comparison of the Soft Clay Settlement Under an Embankment Load Using Field Instrumentation and Empirical Formulation,” *Int. J. GEOMATE*, vol. 21, no. 84, pp. 93–102, 2021, doi: 10.21660/2021.84.j2151.
- [23] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, “Manual Desain Perkerasan

- Jalan,” no. 02, 2017, [Online]. Available: inamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/02mbm2017-manual-desain-perkerasan-jalan
- [24] M. M. Abdel-Rahman, “Review of Soil Improvement Techniques BT - Advancements in Geotechnical Engineering,” H. Shehata and M. Badr, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 175–199.
- [25] R. H. Risdianta, “Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Preloading Dengan Kombinasi Prefabricated Vertical Drain (PVD) dan Prefabricated Horizontal Drain (PHD) pada Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Amanda dan Btari,” Universitas Brawijaya Malang, 2018. [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/9623/>
- [26] M. Batara and N. Gofar, “Pengaruh Penggantian Tanah Dan Lapisan Geotekstil Terhadap Deformasi Dan Stabilitas Lereng Timbunan Di Atas Tanah Lunak,” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, no. Aug., pp. 915–924, 2024, doi: 10.24912/jmts.v7i3.29080.
- [27] M. Fitriansyah, D. P. Hardiani, and I. Setiawan, “Analisis Kohesi Dan Sudut Gesek Antara Tanah Gambut-Geotekstil (Studi Tanah Gambut Di Kabupaten Banjar),” *Konstruksia*, vol. 11, no. 1, p. 41, 2020, doi: 10.24853/jk.11.1.41-50.
- [28] R. Simbolon and H. Sutanto, “Pengaruh Penggunaan Geotextile Terhadap Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Konstruksi Dinding Penahan Tanah Kantilever,” vol. 8, pp. 27–36, 2024.
- [29] N. Zahera, M. Widiastuti, and T. S. P. Arifin, “Analisis Kekuatan Struktur Minipile Pasca Keruntuhan Dengan Menggunakan Software Plaxis V8.6,” *Tek. Sipil Univ. Mulawarman Samarinda*, vol. 3, no. 1, pp. 29–39, 2019.