



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Pemodelan Numerik Penggunaan Geofoam Sebagai Timbunan Pada *Subgrade*

Muthia Anggraini^{a,b*}, Pratikso^b, Harnedi Maizir^c

^a Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning, Jl. Yos Sudarso Km 8, Pekanbaru-Riau, Indonesia, 28265

^b Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Jalan Raya Kaligawe km.4. Terboyo Kulon, Genuk, Semarang, Jawa Tengah Indonesia, 50112

^c Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara No.4 Arengka Raya Pekanbaru-Riau, Indonesia. 28125

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 03 Desember 2024

Revisi Akhir: 30 Desember 2024

Diterbitkan Online: 31 Desember 2024

KATA KUNCI

Tanah lunak, Plaxis 2D, Geofoam, Penurunan tanah

KORESPONDENSI

Telepon: 08117673089

E-mail: muthia@unilak.ac.id

ABSTRACT

Tanah lunak menyebabkan banyak permasalahan teknik karena memiliki daya dukung dan kekuatan geser yang rendah. Kondisi ini apabila dijadikan sebagai *subgrade* akan mengakibatkan terjadinya penurunan tanah timbunan. Berbagai metode dapat digunakan untuk memperbaiki kondisi tanah, tetapi pada penelitian ini fokus pada penggunaan Geofoam sebagai pengganti timbunan. Geofoam memiliki *density* 11,2 – 45,7 kg/m³, sehingga bisa dijadikan sebagai alternatif timbunan ringan. Ada dua model pada penelitian ini yaitu timbunan tanpa Geofoam dan timbunan dengan Geofoam tebal 20 cm dan tebal 30 cm. Tujuannya untuk menganalisis penurunan *subgrade* tanpa timbunan Geofoam EPS 22 dibandingkan dengan menggunakan timbunan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm dan tebal 30 cm. Metodenya menggunakan numerik Plaxis 2D versi 2023, parameter Mohr-Coulomb digunakan untuk memodelkan tanah lunak dan parameter linier elastis untuk memodelkan Geofoam dan pelat beton. Variasi beban yang digunakan yaitu beban terpusat 0, 5, 10, 15, dan 20 kN. Hasilnya beban maksimum 20 kN memberikan penurunan sebesar 26,687 mm pada timbunan tanpa Geofoam, penurunan 5, 989 mm pada timbunan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm, dan penurunan 2,944 pada timbunan Geofoam EPS 22 tebal 30 cm. kesimpulannya Geofoam EPS 22 sebagai timbunan pada *subgrade* dapat memperkecil penurunan tanah dan semakin tebal Geofoam EPS 22 yang digunakan maka penurunan tanah yang terjadi akan semakin kecil.

1. PENDAHULUAN

Tanah lunak di Indonesia diperkirakan luasnya sekitar 20 juta hektar atau 10 persen dari luas daratan Indonesia [1]. Tanah yang ada di Indonesia sebagian termasuk kategori tanah lempung, dimana tanah lempung merupakan kategori tanah lunak atau disebut juga tanah kohesif [2].

Pembangunan konstruksi jalan yang menjadi perhatian penting yaitu pada subgrade yang memiliki nilai daya dukung yang rendah [3]. Permasalahan utama konstruksi jalan di atas tanah lunak adalah rendahnya daya dukung

tanah sehingga memerlukan biaya pembangunan, biaya pemeliharaan, ataupun biaya peningkatan yang tinggi [4].

Konstruksi pada tanah lunak berhubungan dengan ketidakstabilan dan permasalahan penyelesaian yang terus menerus dalam jangka waktu yang panjang [5]. Oleh karena itu, penelitian ini menyarankan suatu metode untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan menggunakan material timbunan ringan Geofoam EPS 22 sebagai pengganti timbunan jalan. Timbunan di atas tanah lunak tanpa diberi perkuatan akan mengakibatkan penurunan yang berlebih, seperti pada jenis tanah lempung yang akan mengalami penurunan yang berkepanjangan [6].

Penggunaan geofom sebagai perkuatan tanah merupakan salah satu cara yang digunakan sebagai timbunan ringan [7]. Geofom adalah jenis bahan pengisi ringan yang sudah digunakan sejak tahun 1970-an di Norwegia dan pertama kali digunakan di Japan tahun 1985 [8]. Sejak itu penggunaan geofom berlanjut pada aplikasi geoteknik lainnya seperti timbunan [9], stabilitas lereng [10], dinding penahan tanah [11], bridge approaches [12], dan buried pipa [13].

Penggunaan geofom mengurangi timbunan yang dipadatkan sebesar 40%, sehingga lebih sedikit penggalian dan kerusakan tanah asli yang merupakan solusi yang ramah lingkungan [14]. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis penurunan *subgrade* tanpa timbunan Geofom dibandingkan dengan menggunakan timbunan Geofom EPS 22 tebal 20 cm dan tebal 30 cm. Penelitian ini mensimulasikan beberapa model timbunan jalan untuk menganalisis penurunan tanah. Untuk menjalankan simulasi menggunakan perangkat lunak Plaxis 2d versi 2023. Penelitian ini melakukan simulasi beberapa model variasi beban terpusat yang diberikan pada *subgrade* tebal 60 cm dengan Geofom EPS 22 tebal 20 cm dan 30 cm. Dua model timbunan di atas tanah lunak dianalisis dengan model *subgrade* tanpa perkuatan dan model *subgrade* dengan timbunan Geofom EPS 22 tebal 20 cm dan 30 cm. Variasi beban terpusat yang diberikan 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN. Dalam perencanaan timbunan diperlukan kriteria penurunan yang harus dipenuhi berdasarkan kriteria dalam Panduan Geoteknik 4 tahun 2002, untuk kelas jalan I kriteria penurunan timbunan < 20 mm.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lunak

Tanah lunak adalah tanah yang apabila tidak diteliti secara berhati-hati maka dapat menyebabkan masalah kestabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi [15]. Apabila tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung dan kuat geser yang rendah, maka konstruksi di sekitar tanah tersebut mengalami kerusakan [16].

Tanah lempung juga memiliki sifat permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, sangat kohesif, memiliki sifat kembang susut yang tinggi, proses konsolidasi yang lambat, dan memiliki ukuran lebih kecil dari 0,002 mm [17]. Kondisi pada tanah lunak apabila tidak diteliti secara hati-hati bisa menyebabkan permasalahan yaitu ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang dapat

merusak konstruksi yang ada di atasnya [18]. Bowles menyatakan semakin besar sudut geser dalam suatu tanah maka tanah tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang diberikan pada tanah tersebut [19]. Nilai sudut geser dalam (ϕ) sesuai dengan jenis tanah berdasarkan Braja (2010) adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah [20]

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	35° - 40°
Kerikil kerakal	35° - 40°
Pasir padat	35° - 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

2.2. Geofom

Geofom adalah jenis *polystyrene* bahan buatan manusia, berupa butiran bulat warna putih dengan diameter 1 – 2 mm [6]. Butiran *polystyrene* memuai menggunakan bahan pemuai, dimana pada saat memuai *polystyrene* hanya membentuk 2% dari volume yang terbentuk sedangkan 98% lainnya hanyalah udara, hal ini yang membuat EPS menjadi bahan yang sangat ringan [21].

Kelebihan yang dimiliki oleh Geofom adalah material tersebut sangat ringan sehingga mampu memberikan pengurangan pada beban lateral, daya dukungnya dapat diketahui dan diprediksi karena melalui proses perancangan secara teknis, memaksimalkan efektifitas dan instalasi, bahan materialnya tersedia dalam berbagai kepadatan sehingga mampu memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan [22]. Berat jenis Geofom sebesar 0,1 – 0,3 kN/m³ dimana berat jenisnya lebih ringan apabila dibandingkan dengan material ringan untuk konstruksi timbunan lainnya seperti potongan bab sebesar 7 – 9 kN/m³, dan tanah abu vulkanik sebesar 12 – 15 kN/m³ [23].

Meskipun sebagian volumenya adalah udara, EPS memiliki struktur sel tertutup sehingga membuatnya kaku dan keras. Geofom memiliki *density* yang sangat ringan dibandingkan dengan tanah yaitu berkisar antara 11,2 – 45,7 kg/m³ [24]. Berdasarkan [25] *density* Geofom sekitar 16 – 32 kg/m³ (kurang lebih 1/50 – 1/60 dari berat tanah timbunan pada umumnya) tetapi memiliki kekutan cukup untuk mendukung beban kendaran bermotor, kereta api, bangunan gedung ringan, dan dapat secara signifikan mengurangi beban pada abutment jembatan.

Beberapa tipe EPS Geofom yang dapat digunakan sebagai material konstruksi menurut ASTM D6817 dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. ASTM D6817 *Physical Property Requirement of EPS Geofoam*

Type	EPS 12	EPS 15	EPS 19	EPS 22	EPS 29	EPS 39	EPS 46
Density, min, kg/m ³	11,2	14,4	18,4	21,6	28,8	38,4	45,7
Compressive Resistance, min kPa at 1%	15	25	40	50	75	103	128
Compressive Resistance, min kPa at 5%	35	55	90	115	170	241	300
Compressive Resistance, min kPa at 10%	40	70	110	135	200	276	345
Flexural Strength, min, kPa	69	172	207	240	345	414	517
Oxygen index, min, volume %	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0

Spesifikasi EPS blok Geofoam berdasarkan AASTHO dapat dilihat pada Tabel berikut [25] :

Tabel 3. Spesifikasi EPS blok Geofoam berdasarkan AASTHO

Properti		Tipe			
		EPS40	EPS50	EPS70	EPS100
Densitas blok	Kg/m ³	16	20	24	32
Tegangan elastis	kPa	40	50	70	100
Modulus young	MPa	4	5	7	10
Spesifikasi Geofoam berdasarkan ASTM D6817 yang memenuhi spesifikasi AASTHO		EPS19	EPS22	EPS29	EPS39

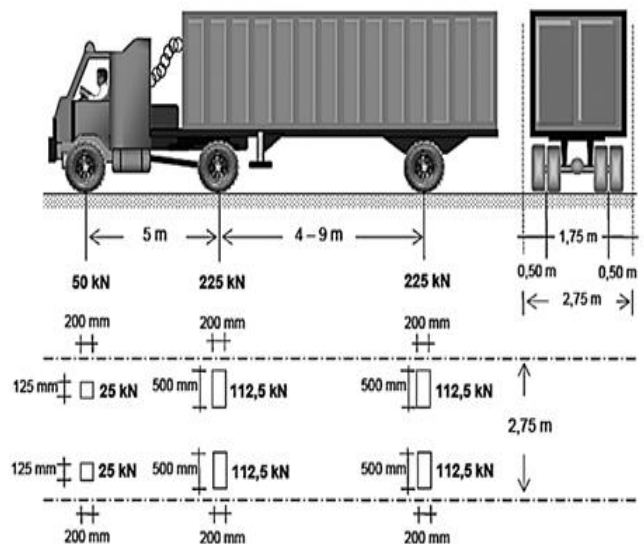
2.3. Subgrade

Tanah dasar atau *subgrade* yaitu lapisan tanah yang paling bawah berfungsi sebagai tempat perletakan lapisan perkerasan dan mendukung beban konstruksi jalan yang ada di atasnya. *Subgrade* pada konstruksi jalan memegang fungsi penting untuk menentukan kualitas dari perkerasan jalan [18]. Desain konstruksi timbunan di atas tanah lunak didasarkan untuk menghindari kegagalan selama

konstruksi dengan memberikan stabilitas yang memadai dan membatasi terjadinya penurunan pascakonstruksi [25].

Kriteria desain timbunan dengan Geofoam yang digunakan sebagai material pengisi timbunan harus memiliki tiga komponen utama diantaranya tanah dasar, tanah pengisi timbunan, dan sistem lapisan perkerasan. Kriteria desain terdiri dari penurunan, stabilitas eksternal, stabilitas internal, dan penahan beban yang dibutuhkan. Jenis dan kriteria desain untuk timbunan Geofoam dapat ditentukan berdasarkan panduan perancangan *National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 529* tahun 2004 dimana nilai faktor aman (FK) timbunan dengan Geofoam terhadap penurunan yaitu 1,2 yang ditinjau dari kebutuhan penahan beban.

Berdasarkan SNI 1725:2016 beban paling maksimum yang akan bekerja pada saat oprit sudah beroperasi adalah beban akibat truk (Beban T), seperti Gambar berikut :

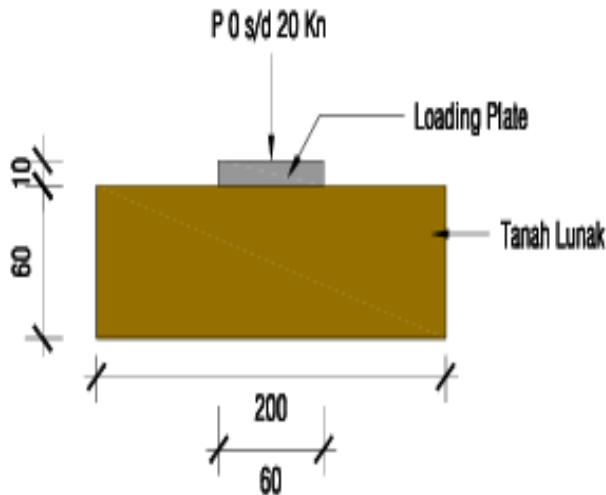


Gambar 1. Beban Akibat Truk (Beban T)

Pemodelan kondisi paling kritis, maka dilakukan pemodelan dengan beban terpusat menggunakan beban gandar terbesar yaitu 112,5 kN dengan lebar roda 200 mm [26]. Dalam pembangunan jalan, menambah tinggi timbunan sering digunakan pada proyek konstruksi. Tanah dasar yang daya dukungnya rendah tidak mampu menompang timbunan tanah yang tinggi. Banyak metode yang digunakan untuk memperbaiki timbunan seperti *stone columns*, *chemical grouting* [5]. Dengan menggunakan timbunan ringan Geofoam EPS 22 akan memperkecil terjadinya penurunan.

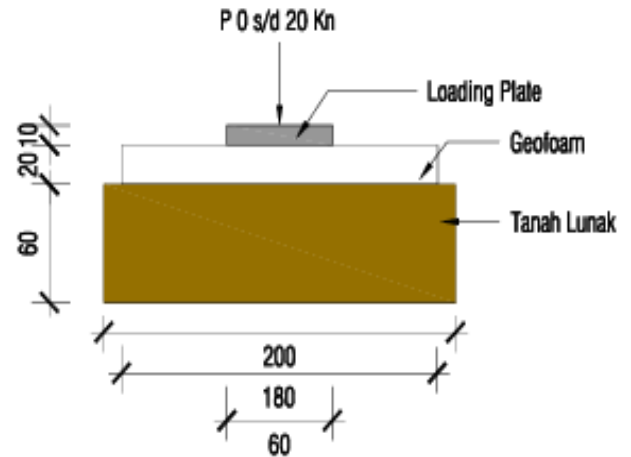
3. METODOLOGI

Metode pada penelitian ini adalah pengujian subgrade tanah asli yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan nilai propertis tanah asli. Metode numerik dengan menggunakan aplikasi Plaxis 2D versi 2023. Model Mohr-Coulomb digunakan untuk parameter *subgrade*. Model linier elastic untuk Geofoam EPS 22 tebal 30 cm dan tebal 40 cm, dan pelat beton K-250. Model pertama adalah *subgrade* tebal 60 cm tanpa Geofoam EPS 22 dengan diberi pelat beton K-250 tebal 10 cm di atasnya kemudian diberi variasi beban terpusat secara bertahap dari 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN. Pada penelitian ini diasumsikan beban terpusat diberikan secara bertahap dari 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN. Model geometri yang akan dibuat ditampilkan pada Gambar berikut :



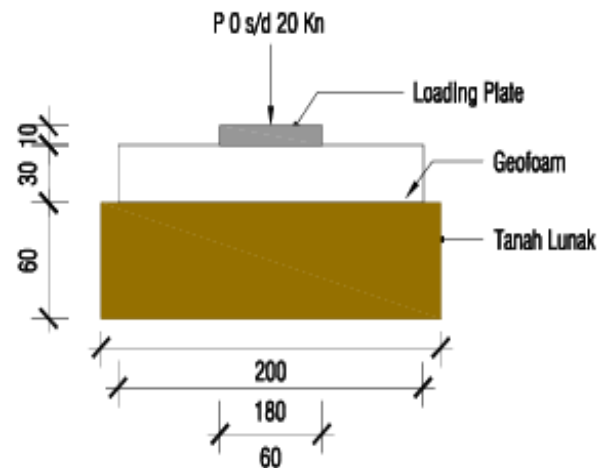
Gambar 2. Model Geometri *Subgrade* Tanpa Perkuatan

Model kedua adalah subgrade tebal 60 cm dengan geofoam EPS 22 tebal 20 cm, dengan diberi pelat beton K-250 tebal 10 cm di atasnya kemudian diberi variasi beban terpusat secara bertahap dari 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN. Model geometri yang akan dibuat ditampilkan pada Gambar berikut :



Gambar 3. Model Geometri Subgrade Dengan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm

Model ketiga adalah subgrade tebal 60 cm dengan geofoam EPS 22 tebal 30 cm, dengan diberi pelat beton K-250 tebal 10 cm di atasnya kemudian diberi variasi beban terpusat secara bertahap dari 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN. Model geometri yang akan dibuat ditampilkan pada Gambar berikut :



Gambar 4. Model Geometri Subgrade Dengan Geofoam EPS 22 tebal 30 cm

Model geometri untuk tanah dasar mengacu pada dimensi bak uji untuk pengujian eksperimental yaitu 200 cm x 50 cm x 110 cm, sehingga model geometry pada plaxis 2D mengasumsikan batas-batas model elemen hingga yang digunakan pada penelitian yaitu arah horizontal ditetapkan sejauh 4 kali lebar dimensi tanah dasar dan untuk tinggi 2 kali dimensi dimensi tanah dasar untuk melihat bidang gelincir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Tanah Dasar

Data propertis material yang akan diinput pada aplikasi Plaxis 2D versi 2023 adalah data *subgrade*, Geofoam EPS 22, dan pelat beton K-250. Data subgrade diperoleh dari hasil pengujian laboratorium seperti yang ditampilkan pada Tabel berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Propertis Tanah Asli

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
1	Bulk unit weight (γ_b)	20,47	kN/m ³
2	Angka pori (e)	0.80	-
3	Kohesi (c)	20,98	kN/m ²
4	Sudut geser (ϕ)	4,551	°

Data propertis material yang akan diinput pada aplikasi Plaxis 2D versi 2023 adalah seperti Tabel berikut :

Tabel 5. Data Propertis Material

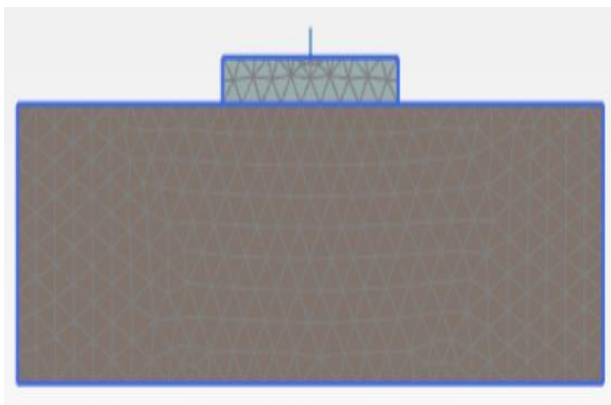
Jenis Material	Material Model	Tipe Drainase	γ_b (kN/m ³)	e	Eu (kN/m ²)	v_u	Su (kN/m ²)
Subgrade (tanah lunak)	Mohr-Coulomb	Undrained C	20,47	0,8	2000	0,2	20,98
Geofoam EPS 22	Linear Elastic	Non-Porous	0,216	-	5000	0,2	-
Pelat Beton K-250	Linear Elastic	Non-Porous	24	-	21289390	0,2	-

4.2. Model Timbunan

Pembangunan timbunan jalan di atas subgrade tanah lunak dibuat dalam dua model.

1. Subgrade Tanpa Timbunan Geofoam EPS 22

Model pertama *subgrade* tanpa timbunan Geofoam EPS 22, seperti pada Gambar berikut menunjukkan mesh yang digunakan untuk analisis numerik :



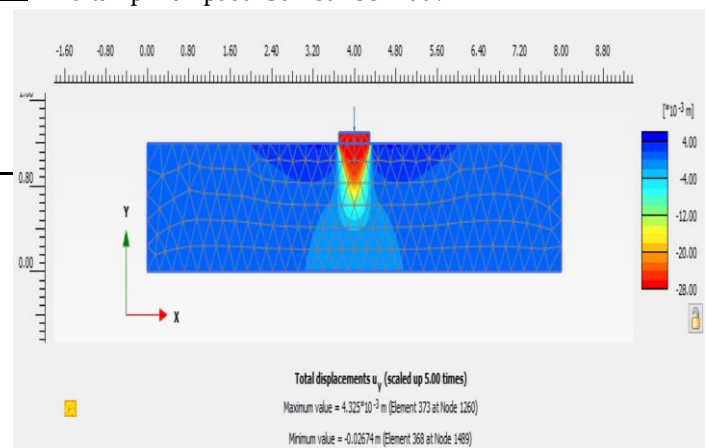
Gambar 5. Mesh Model *Subgrade* Tanpa Timbunan Geofoam EPS 22

Hasil analisis numerik menggunakan aplikasi Plaxis 2D versi 2023 *subgrade* tanpa timbunan Geofoam EPS 22, dengan diberikan beban terpusat secara

bertahap dari 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN ditampilkan Tabel berikut :
Tabel 6. Hasil Analisis Model Numeric Plaxis 2D versi 2023 *Subgrade* Tanpa Timbunan Geofoam EPS 22

No	Beban (kN)	SF	Displacement (mm)
1	0	47,80	0
2	5	6,018	2,708
3	10	2,602	4,474
4	15	1,659	6,022
5	20	1	26,687

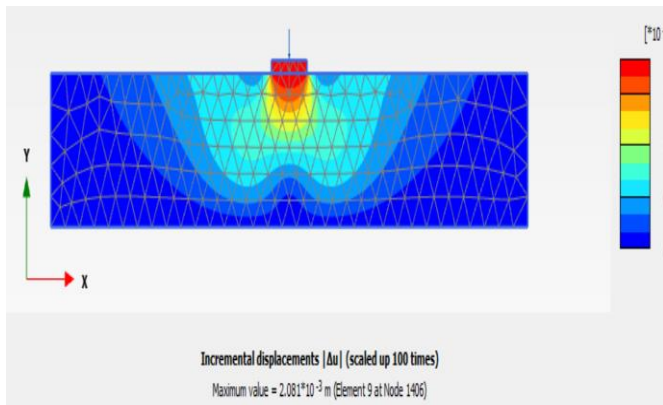
Penurunan maksimum terjadi pada beban 20 kN sebesar 26,687 mm. Kriteria dalam Panduan Geoteknik 4 tahun 2002, kriteria penurunan timbunan dikelompokkan berdasarkan kelas jalan. Untuk kelas jalan I, kecepatan penurunan setelah konstruksi < 20 mm. Hasil yang diperoleh dari model numerik Plaxis 2D versi 2023, tanah tersebut perlu diberi perkuatan untuk mengurangi terjadi penurunan. Untuk nilai *safety factor* pada beban 20 kN sebesar $1 < 1,2$, kondisi ini tidak aman, sehingga tanah lunak tersebut perlu diberi perkuatan. Gambar *displacement* ditampilkan pada Gambar berikut :



Gambar 6. Total Displacement Arah Uy *Subgrade* Tanpa Timbunan Geofoam EPS 22

Hasil yang diperoleh terjadi penurunan terbesar pada beban maksimum 20 kN sebesar $26,687 \times 10^{-3}$ m atau sebesar 26,687 mm.

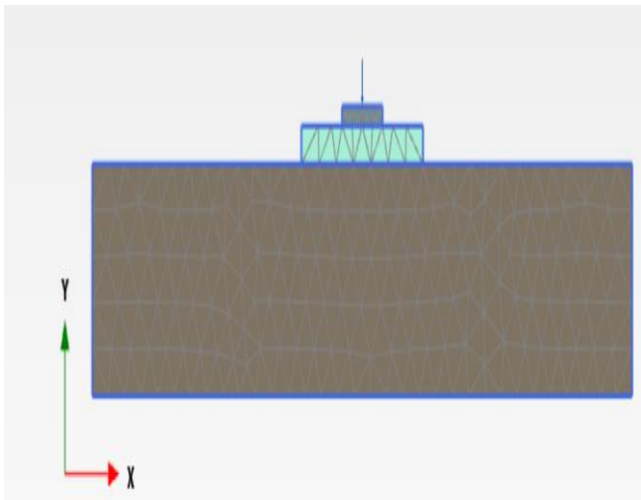
Bidang gelincir timbunan tanah lunak tanpa Geofoam EPS 22 disajikan Gambar berikut :



Gambar 7. Bidang Gelincir *Subgrade* Tanpa Timbunan Geofoam EPS 22

2. *Subgrade* Dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm

Model kedua *subgrade* dengan timbunan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm, seperti pada Gambar berikut menunjukkan mesh yang digunakan untuk analisis numerik :



Gambar 8. Mesh Model *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm

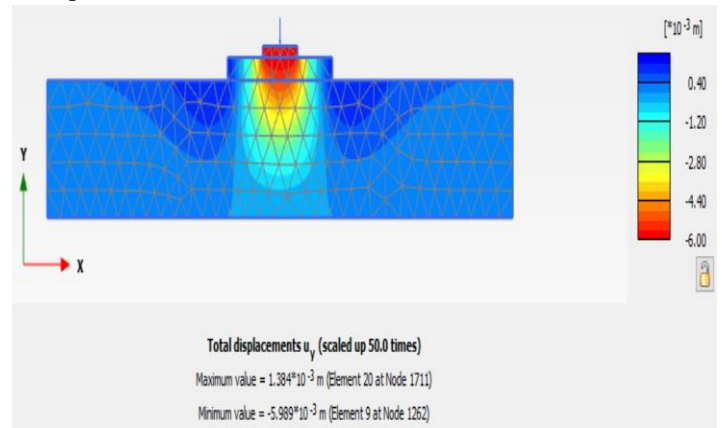
Hasil analisis numerik menggunakan aplikasi Plaxis 2D versi 2023 *subgrade* dengan timbunan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm, dengan diberikan beban terpusat secara bertahap dari 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN ditampilkan Tabel berikut :

Tabel 7. Hasil Analisis Model Numeric Plaxis 2D versi 2023 *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm

No	Beban (kN)	SF	Displacement (mm)
1	0	134,0	0
2	5	17,49	2,755
3	10	9,344	2,891
4	15	6,370	2,952
5	20	3,895	5,989

Geofoam EPS 22 tebal 20 cm memperkecil terjadinya penurunan pada *subgrade* tanah lunak. Penurunan maksimum terjadi pada beban 20 kN sebesar 5,989 mm.

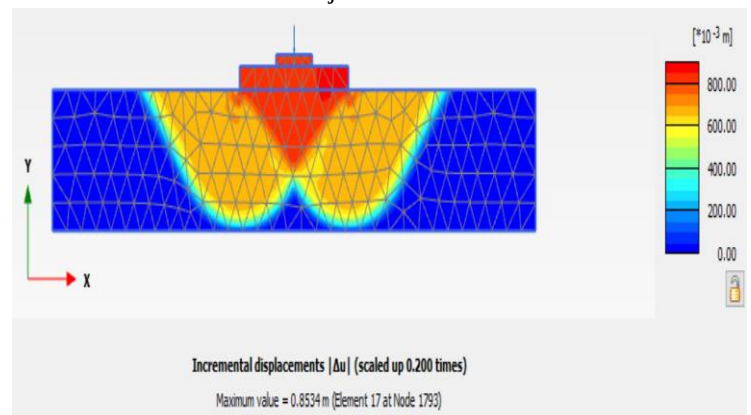
Kriteria dalam Panduan Geoteknik 4 tahun 2002, kriteria penurunan timbunan dikelompokkan berdasarkan kelas jalan. Untuk kelas jalan I, kecepatan penurunan setelah konstruksi < 20 mm. Hasil yang diperoleh dari model numerik Plaxis 2D versi 2023, penurunan tanah yang terjadi setelah diberi Geofoam EPS 22 tebal 20 cm yaitu < 20 mm. Untuk nilai *safety factor* pada seluruh beban dengan adanya Geofoam EPS 22 tebal 20 cm nilainya $> 1,2$. Geofoam EPS 22 tebal 20 cm menjadikan tanah aman terhadap beban yang diberikan, yaitu beban maksimum 20 kN. Gambar *displacement* ditampilkan pada Gambar berikut :



Gambar 9. Total *Displacement* Arah U_y *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm

Hasil yang diperoleh terjadi penurunan terbesar pada beban maksimum 20 kN sebesar $5,989 \times 10^{-3}$ m atau sebesar 5,989 mm.

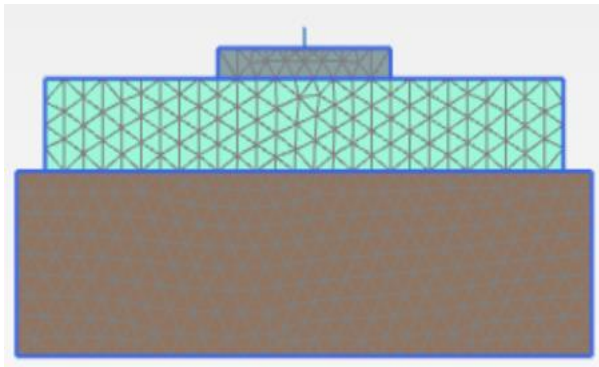
Bidang gelincir timbunan tanah lunak dengan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm disajikan Gambar berikut :



Gambar 10. Bidang Gelincir *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm

3. *Subgrade* Dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 30 cm

Model kedua *subgrade* dengan timbunan Geofoam EPS 22 tebal 30 cm, seperti pada Gambar berikut menunjukkan mesh yang digunakan untuk analisis numerik :



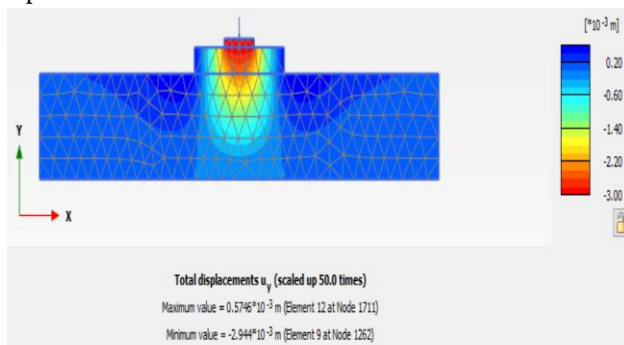
Gambar 11. Mesh Model *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 30 cm

Hasil analisis numerik menggunakan aplikasi Plaxis 2D versi 2023 *subgrade* dengan timbunan Geofoam EPS 22 tebal 30 cm, dengan diberikan beban terpusat secara bertahap dari 0 kN, 5 kN, 10 kN, 15 kN, dan 20 kN ditampilkan Tabel berikut :

Tabel 8. Hasil Analisis Model Numeric Plaxis 2D versi 2023 *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 30 cm

No	Beban (kN)	SF	Displacement (mm)
1	0	131,1	0
2	5	17,41	2,747
3	10	9,321	2,860
4	15	6,359	2,915
5	20	4,826	2,944

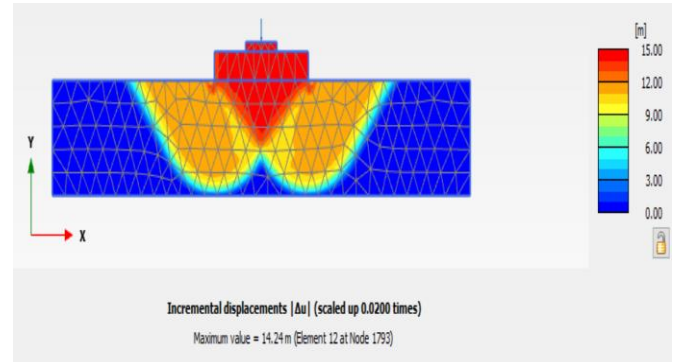
Geofoam EPS 22 tebal 30 cm memperkecil terjadinya penurunan pada *subgrade* tanah lunak. Penurunan maksimum terjadi pada beban 20 kN sebesar 2,944 mm. Kriteria dalam Panduan Geoteknik 4 tahun 2002, kriteria penurunan timbunan dikelompokkan berdasarkan kelas jalan. Untuk kelas jalan I, kecepatan penurunan setelah konstruksi < 20 mm. Hasil yang diperoleh dari model numerik Plaxis 2D versi 2023, penurunan tanah yang terjadi setelah diberi Geofoam EPS 22 tebal 30 cm yaitu < 20 mm. Untuk nilai *safety factor* pada seluruh beban dengan adanya Geofoam EPS 22 tebal 20 cm nilainya > 1,2. Geofoam EPS 22 tebal 30 cm menjadikan tanah aman terhadap beban yang diberikan, yaitu beban maksimum 20 kN. Gambar *displacement* ditampilkan pada Gambar berikut :



Gambar 12. Total *Displacement* Arah Uy *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 30 cm

Hasil yang diperoleh terjadi penurunan terbesar pada beban maksimum 20 kN sebesar $2,944 \times 10^{-3}$ m atau sebesar 2,944 mm.

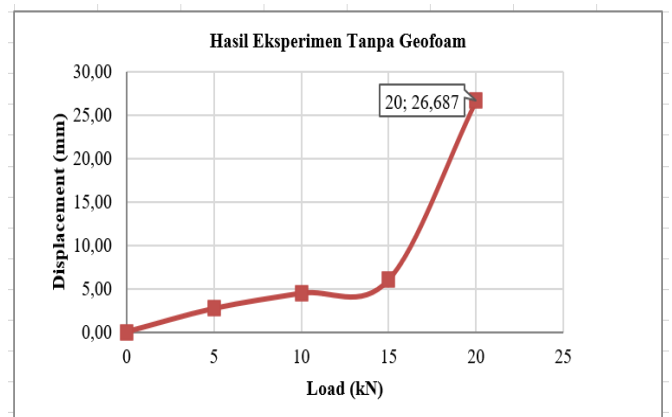
Bidang gelincir timbunan tanah lunak dengan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm disajikan Gambar berikut :



Gambar 13. Bidang Gelincir *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 30 cm

4.3. Hasil Penurunan *Subgrade* Tanpa Geofoam EPS 22

Gambar *settlement* yang terjadi pada tanah tanpa perkuatan Geofoam disajikan Gambar berikut :

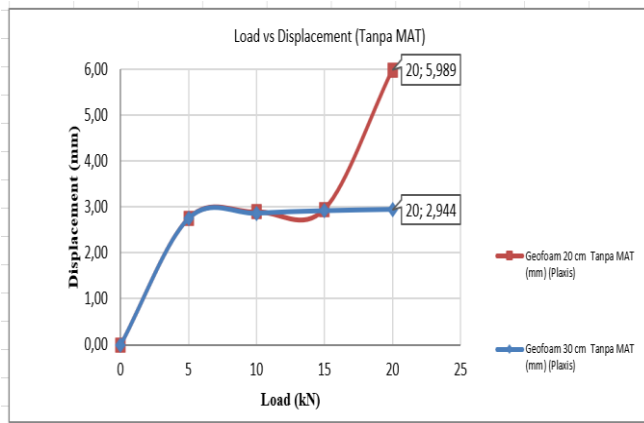


Gambar 15. *Settlement* Yang Terjadi Pada *Subgrade* Tanpa Timbunan Geofoam EPS 22

Terlihat pada Gambar semakin besar beban yang diberikan maka penurunan yang terjadi pada *subgrade* juga akan semakin besar.

4.4. Hasil Penurunan *Subgrade* dengan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm dan 30 cm

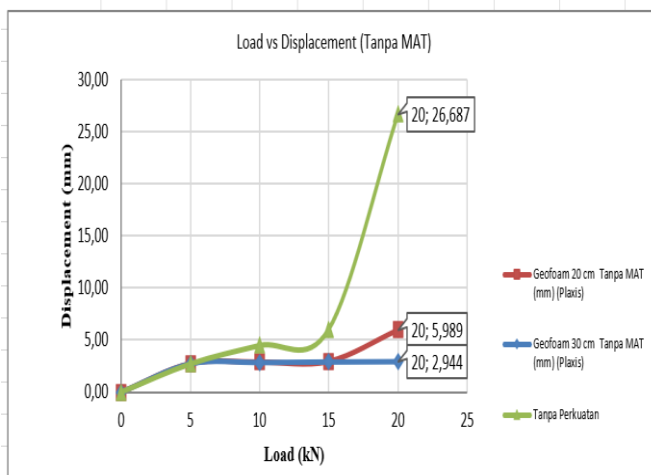
Gambar *settlement* yang terjadi pada tanah dengan perkuatan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm dan 30 cm disajikan Gambar berikut :



Gambar 16. *Settlement* Yang Terjadi Pada *Subgrade* dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm dan Tebal 30 cm

Gambar di atas menampilkan hasil bahwa semakin tebal Geofoam yang digunakan sebagai timbunan maka nilai penurunan yang diperoleh akibat beban maksimum 20 kN akan semakin kecil. Timbunan dengan Geofoam EPS 22 tebal 20 cm menghasilkan penurunan sebesar 5,989 mm sedangkan EPS 22 tebal 30 cm menghasilkan penurunan sebesar 2,944 mm.

Penggunaan Geofoam sebagai pengganti timbunan pada tanah lunak dapat memperkecil terjadinya penurunan tanah. Seperti disajikan Gambar berikut :



Gambar 17. *Settlement* Yang Terjadi Pada *Subgrade* Tanpa dan dengan Timbunan Geofoam EPS 22 Tebal 20 cm dan Tebal 30 cm

Geofoam EPS 22 sebagai pengganti timbunan pada tanah lunak dapat memperkecil terjadinya penurunan tanah apabila dibandingkan dengan tanah dasar tanpa menggunakan Geofoam EPS 22. Pada kondisi ini beban maksimum sebesar 20 kN yang diberikan pada eksperimen masih mampu dipikul oleh tanah pada timbunan dengan Geofoam EPS 22. Geofoam tebal 30 cm paling kecil menghasilkan nilai penurunan tanah saat diberikan beban maksimum sebesar 20 kN.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah penurunan tanah tanpa timbunan Geofoam EPS 22 menghasilkan penurunan yang besar dibandingkan dengan penurunan menggunakan Geofoam EPS 22. Semakin tebal geofoam EPS 22 yang digunakan sebagai pengganti timbunan maka nilai penurunan yang terjadi akan semakin kecil. Geofoam EPS 22 mengurangi terjadi penurunan pada *subgrade* tanah lunak, dari hasil analisis numerik nilai penurunan tanah yang diperoleh masih masuk Kriteria dalam Panduan Geoteknik 4 tahun 2002 untuk kelas jalan I < 20 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Widodo, Pratikso, A. Rochim, M. Irsyam, and V. Widodo, "Influence of Bamboo Pile Clusters in the Pile Mattress Bamboo Construction Systems as Reinforcement of Soft Subgrade that Support Embankment Load," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 527, no. 1, 2019.
- [2] M. Haras, T. A. E, and R. R. I. Legrans, "Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung," *Tekno*, vol. 15, no. 67, pp. 77–86, 2017.
- [3] M. Anggraini and A. Saleh, "Kuat Geser Tanah Lempung Dengan Abu Tandan Sawit dan Semen," *J. SAINSTEK*, vol. 10, no. 1, pp. 24–31, 2022.
- [4] J. Gultom, H. Pratikso, A. Rochim, and S. Taufik, "Behavior Of Piled Raft Foundation In Soft Clay Layer With Geo-Foam Application," *Int. J. Adv. Res. Eng. Technol.*, vol. 12, no. 8, p. 10, 2021.
- [5] N. F. A. Zianal, M. F. Yusof, A. Madun, F. Pakir, M. K. Abu Talib, and Z. Abu Talib, "Numerical Modelling of Soft Soil Improvement Using Expanded Polystyrene Geofoam for Road Embankment," *J. Sustain. Undergr. Explor.*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [6] A. Gunawan, "Geofoam: A potential for Indonesia's Soil Problem," in *The 3rd International Conference on Eco Engineering Development*, 2020, vol. 426, no. 1.
- [7] F. Giuliani, F. Autelitano, E. Garilli, and A. Montepara, "Expanded Polystyrene (EPS) in Road Construction: Twenty Years of Italian Experiences," *Transp. Res. Procedia*, vol. 45, no. 2019, pp. 410–417, 2020.
- [8] M. Anggraini, P. Dhamrodji, and H. Maizir, "Geofoam Block in Soft Soil Embankment Applications : A Review," 2024.

- [9] M. B. Anwar, S. S. Abdelsalam, and S. S. Eskander, "Use of Eps for Roadway Embankments on Soft Soils," in *Deep Foundations Institute*, 2019, no. October.
- [10] M. A. Meguid, M. Drissi-Kamili, and T. A. Youssef, "On the Time-Dependent Behavior of EPS Geofoam: Experimental and Numerical Investigations," *Geotech. Geol. Eng.*, vol. 37, no. 2, pp. 755–764, 2019, doi: 10.1007/s10706-018-0646-0.
- [11] M. I. Khan and M. A. Meguid, "Evaluating the Role of Geofoam Properties in Reducing Lateral Loads on Retaining Walls: A Numerical Study," *Sustain.*, vol. 13, no. 9, 2021, doi: 10.3390/su13094754.
- [12] A. J. Puppala, "Laboratory and field investigations on Geofoam," *J. Pipeline Syst. Eng. Pract.*, vol. 10, no. 1, 2019, doi: 10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000364.
- [13] J. Wang, "Full-scale field study of using geofoam to reduce earth pressures on buried concrete culverts," *Geotext. Geomembranes*, vol. 49, no. 5, pp. 1355–1367, 2021, doi: 10.1016/j.geotextmem.2021.05.008.
- [14] 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 Environ. Sci.*, vol. 1249, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1249/1/012001.
- [15] A. Allowenda, E. Priadi, and Aprianto, "Analisa Modulus Elastisitas Dalam Memprediksi Besarnya Keruntuhan Lateral Dinding Penahan Tanah Pada Tanah Lunak," *Univ. Tanjungpura*, vol. 5, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/26616>.
- [16] K. Onyelowe, "Scheffe optimization of swelling, California bearing ratio, compressive strength, and durability potentials of quarry dust stabilized soft clay soil," *Mater. Sci. Energy Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 67–77, 2019, doi: 10.1016/j.mset.2018.10.005.
- [17] T. Waluyo, M. Anggraini, and L. Dwi Putri, "The Shear Strength of Clay Stabilized with Palm Bunch Ash and Cement," *Civilla J. Tek. Sipil Univ. Islam Lamongan*, vol. 8, no. 2, pp. 215–222, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.30736/cvl.v8i2.1139>.
- [18] A. A. Anjani, H. Lukman, and B. Budiono, "Analisis Perbaikan Daya Dukung Tanah Lunak Dengan Metode Stone Column," *J. Online Mhs. Bid. Tek. Sipil*, pp. 1–15, 2021, [Online]. Available: <https://jom.unpak.ac.id/index.php/tekniksipil/article/view/1812>.
- [19] A. S. Ahmar *et al.*, "Lecturers' understanding on indexing databases of SINTA, DOAJ, Google Scholar, SCOPUS, and Web of Science: A study of Indonesians," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 954, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/954/1/012026.
- [20] B. M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1. Surabaya: Erlangga, 2010.
- [21] A. Gunawan, "Geofoam: A potential for Indonesia's soil problem III - Stabilizing retaining wall," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 998, no. 1, pp. 1–8.
- [22] F. Anfifa, A. Rifa, and S. Ismanti, "Analisis Stabilitas Timbunan Menggunakan Expanded Polystyrene (EPS) Geofoam Sebagai Material Pengisi Di Atas Tanah Lunak," in *Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur*, 2023, no. November, pp. 1–7.
- [23] Y. Z. Beju and J. N. Mandal, "Expanded Polystyrene (EPS) Geofoam: Preliminary Characteristic Evaluation," *Procedia Eng.*, vol. 189, pp. 239–246, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.05.038.
- [24] A. Gunawan, "Geofoam: A potential for Indonesia's soil problem III - Stabilizing retaining wall," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 998, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/998/1/012010.
- [25] T. D. Stark, D. Arellano, J. S. Horvath, and D. Leshchinsky, "National Cooperative Highway Research Program," in *Geofoam Applications in the Design and Construction of Highway Embankment*, no. July, Transportation Research Board of The National Academies, 2004, p. 792.
- [26] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Sni 1725-2016," in *Badan Standarisasi Nasional*, jakarta: BNS, 2016, pp. 1–67.