

ANALISA PERBAIKAN TANAH DASAR PROYEK PEMBANGUNAN MAINTENANCE FACILITY TELUK LAMONG, GRESIK

**Paksitya Purnama Putra^{1*)}, Indra
Nurtjahjaningtyas²⁾, Devi Naning³⁾**

¹ Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Jember,
paksitya.putra@unej.ac.id

² Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Jember,
indran.teknik@unej.ac.id

³ Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Jember,
devi.naning02@gmail.ac.id

ABSTRAK

Permasalahan tanah lunak pada proyek pembangunan Truck Maintenance Facility menjadi kendala besar dalam proses pembangunan. Tanah lunak memiliki karakteristik dengan daya dukung yang rendah dan pemampatan yang berlangsung lama dan besar. Salah satu metode yang dipilih untuk masalah tanah lunak tersebut adalah mengkombinasikan preloading dengan Prevebricated Vertikal Drain (PVD) untuk mempercepat proses konsolidasi agar sesuai dengan umur pekerjaan geoteknik pada proyek tersebut. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, perbaikan tanah lunak dapat dibagi menjadi dari tiga area (A, B, C) berdasarkan karakteristik dan kedalaman tanah lunaknya. Tinggi preloading pada setiap area bervariasi. Area B membutuhkan tinggi preloading yang paling tinggi sebesar 8.11 meter. Penyebabnya adalah area B memiliki tebal tanah lunak yang besar. Hanya preloading pada Area B yang membutuhkan penanganan khusus berupa perkuatan geotekstil pada timbunan sebanyak 6

lapis. PVD dipergunakan pada semua area pembangunan. Jarak efektif pemasangan PVD yang ditemukan berdasarkan hasil analisa pada kedua pola pemasangan yakni segitiga dan segiempat adalah sama sebesar 2 meter. Oleh karena itu, meskipun pola segitiga memiliki waktu konsolidasi lebih cepat, pola segiempat lebih baik untuk diterapkan sebab memiliki keefektifan dalam pemasangan dilapangan.

Kata Kunci : tanah lunak, konsolidasi, PVD, stabilitas

ABSTRACT

Soft soil problems in the Truck Maintenance Facility construction project became a major obstacle in the development process of the project. Soft soil has characteristics with low bearing capacity and compression that lasts a long time and large. One method chosen for the soft soil problem is to combine preloading with Prevebricated Vertical Drain to accelerate the consolidation process to match the age of geotechnical work on the project. Based on the results of soil investigation, improvement of soft soil can be divided into three areas (A, B, C) based on the characteristics and depth of the soft soil. The preloading height varies in each area. Area B requires the highest preloading height of 8.11 meters. The reason is that area B has a large thickness of soft soil. Only preloading in Area B requires special handling in the form of 6 layers of geotextile reinforcement on the embankment. PVD is used in all construction areas. The effective distance for installing the PVD found based on the results of the analysis on the two installation patterns, namely triangles and quadrilaterals, is the same as 2 meters. Therefore, even though the triangular pattern has a faster consolidation time, the rectangular pattern is better to apply

because it has effectiveness in field installation.

Keyword : soft soil, consolidation, PVD, stability

1. PENDAHULUAN

Pada lahan seluas 24,000 m² akan direncanakan pembangunan *Truck Maintenance Facility* (TMF) dengan beban rencana yaitu berupa kontruksi TMF dan *rest area* untuk alat bongkar muat *Combine Tractor Terminal* (CTT). Pada pelaksanaannya, tanah pada lahan tersebut tidak mampu mimikul beban rencana tersebut, sehingga tanah dasar mengalami penurunan yang besar. Penurunan tersebut tentunya dapat berdampak pada kegagalan kontruksi TMF diwaktu yang akan mendatang (Kuswanda, 2016).

Tanah lunak merupakan jenis tanah yang memiliki daya dukung rendah (Saleh, 2019). Hal ini disebabkan karena tanah lunak memiliki angka pori tinggi yang menyebabkan tingkat kepadatan pada tanah lunak sangatlah kecil. Tingginya angka pori akan mempengaruhi besarnya kadar air dan juga penurunan konsolidasi tanah tersebut. Tanah lunak dapat diperbaiki karakteristiknya dengan beberapa metode, salah satunya adalah dengan memampatkan tanah lunak.

Berbagai macam metode pemampatan tanah lunak telah banyak diterapkan pada dunia konstruksi. *Preloading* merupakan salah satu metode pemampatan tanah dengan cara memberikan timbunan sementara yang setara dengan beban kebutuhan. Dengan adanya beban tersebut, air pada tanah akan mengalami konsolidasi sehingga tanah dapat memampat dalam kurun waktu tertentu. Sayangnya, penurunan konsolidasi pada tanah lunak cenderung membutuhkan waktu yang lama dalam proses penyelesaiannya. Semakin tebal lapisan tanah lunak, maka akan semakin besar penurunan konsolidasi dan lama penurunannya. Hal ini disebabkan

karena tanah lempung dominan memiliki koefisien konsolidasi yang tinggi sehingga mengakibatkan proses konsolidasi berjalan relatif sangat lama (Aspar, 2017). Dilain pihak, umur rencana proyek untuk penyelesaian geoteknik pada umumnya hanya hitungan bulan. Oleh sebab itu, *Preloading* dapat dikombinasikan dengan *Prevebricated Vertikal Drain* (PVD) yang fungsinya untuk mempercepat konsolidasi dengan mengeluarkan air pori melalui pita secara vertikal (Prasetio et al., 2020). Pemasangan PVD harus ditambahkan dengan pemasangan *Prevebricated Horizontal Drain* (PHD), agar air yang keluar ke permukaan tanah dapat dialirkan ke *drainase* atau saluran pembuang lainnya. Penambahan beban diatas tanah dasar dapat menyebabkan lapisan tanah dibawah timbunan mengalami pemampatan, pemampatan yang timbul disebabkan oleh deformasi dan relokasi partikel tanah dan dan keluarnya air dan udara dari dalam pori (Arsyad et al., 2018).

Berdasarkan permasalahan diatas maka diperlukan analisa penerapan *preloading* dan PVD agar didapatkan optimalitas penggunaannya dalam mengatasi permasalahan tanah lunak pada proyek pembangunan *maintenance facility* terminal teluk lamong ini. Beberapa studi mengenai penggunaan PVD telah dilakukan diantaranya Prasetio & Prihatiningsih (2020), Zhafirah & Amalia (2019), Susiazti, dkk (2020). Berdasarkan penelitian terdahulu, penentuan ketinggian penimbunan tanah juga perlu untuk diperhatikan sebab berpengaruh terhadap stabilitasnya. Timbunan tanah dapat dilakukan secara bertahap dengan waktu tunggu untuk menghindari kelongsoran akibat daya dukung tanah yang rendah (Aryandi & Widyastuti, 2015). Pada studi ini akan dilakukan penimbunan bertahap tanpa waktu tunggu. Apabila stabilitas timbunan tidak terpenuhi, maka akan dilakukan perkuatan timbunan menggunakan geotextile. Stabilitas pada

timbunan telah ditetapkan dengan nilai faktor keamanan 1.3 (Badan Standarisasi Nasional, 2017).

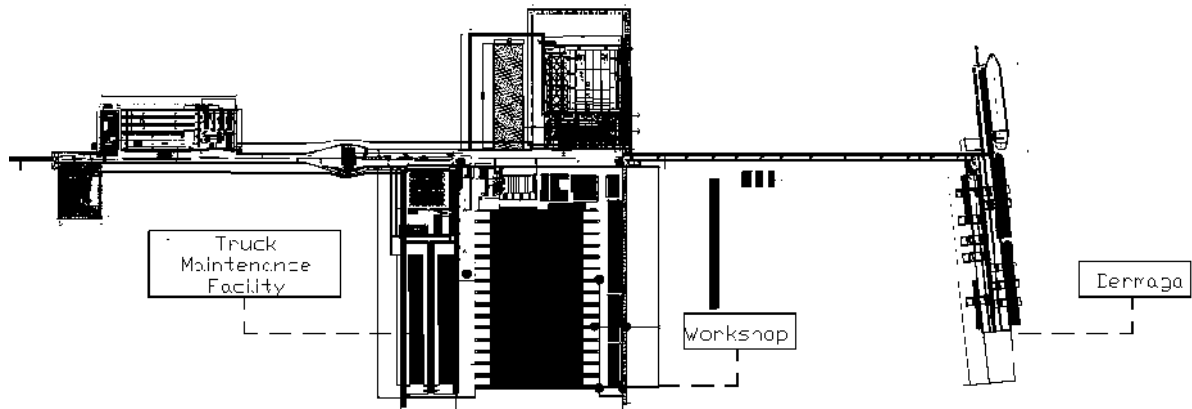
2. METODE PENELITIAN

2.1 Persiapan

Pada tahap persiapan, hal yang perlu dilakukan adalah mengumpulkan data-data

terkait perencanaan yang meliputi, studi literatur, peta lokasi, desain proyek, jurnal-jurnal terkait dan spesifikasi bahan.

Layout rencana proyek pembangunan *Truck Maintenance Facility* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1.
Layout Rencana Proyek

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada perencanaan perbaikan tanah adalah data hasil Sondir pada 5 titik dengan kedalaman 40 m. Data sondir yang telah didapatkan digunakan untuk menentukan kedalaman tanah lunak dengan cara statigrafi menggunakan program bantu rockwork dengan konsistensi tanah *very soft*, *soft* sampai *medium*.

Sampel tanah asli yang didapatkan berupa pengujian volumetri, gravimetri, analisis ayakan, hidrometri dan konsolidasi. Parameter tanah tersebut kemudian diolah dengan cara statistik distribusi, yakni dikelompokkan berdasarkan kedekatan nilai terhadap nilai parameter dan kedalaman jenis tanah lempungnya.

2.3 Analisa Timbunan Preloading

1. Beban timbunan

Beban *preloading* dimaksudkan untuk menggantikan beban konstruksi yang akan bekerja pada area TMF. Beban *preloading* akan membantu proses pemampatan pada

tanah dasar sesuai rencana (Azizah, 2021). Pada perencanaan *preloading* akan diketahui tinggi timbunan pelaksana, besar *settlement* yang terjadi dan lama waktu pemampatan akibat beban *preloading*.

2. Tinggi Timbunan (H)

Tinggi timbunan didapatkan dari grafik hubungan antara H-inisial dan H-final. H-inisial merupakan tinggi timbunan pelaksana yang akan dibebankan pada tanah dasar yang didapatkan dengan melakukan perhitungan pemampatan tanah dengan pemberian beban bervariasi. Sedangkan H-final adalah tinggi timbunan akhir yang telah direncanakan diawal, agar aman dari resiko kenaikan muka air tanah.

3. Besar Pemampatan

Besar pemampatan dapat dihitung dengan menentukan terlebih dahulu tegangan overburden efektif (σ'_o) seperti pada rumusan 1 (Winner, 2017)

$$\sigma'_o = \gamma \times z \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

σ'_o = tegangan overburden efektif

γ' = berat jenis efektif pada tanah

z = tebal lapisan tanah

Besar pemampatan pada tanah jenis terkonsolidasi normal dapat dihitung dengan persamaan 2 (Winner, 2017).

$$S_c = \frac{H}{1+e_0} C_c \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

S_c = pemampatan tanah (m)

H = ketebalan lapisan tanah

e_0 = angka pori

C_c = indeks kompresi pada tanah

C_s = indeks mengembang pada tanah

$\Delta\sigma$ = beban akibat *surchange* (t/m^2)

σ'_o = tegangan *overburden* efektif

σ'_c = tegangan sebelum konsolidasi

Setelah didapatkan besar pemampatan yang terjadi, selanjutnya dihitung H inisial timbunan dengan persamaan 3 (Winner, 2017).

$$H_{initial} = \frac{q_o + (\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timbunan}) S_c}{\gamma_{timbunan}} \dots \dots (3)$$

Keterangan :

q_o = beban timbunan (t/m^2)

$H_{initial}$ = tinggi timbunan awal (m)

S_c = besar pemampatan (m)

γ_{timb} = berat volume tanah timbunan

Untuk menengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan pada semua area perlu mencari nilai koefisien konsolidasi tanah

(C_v) gabungan, T_v (faktor waktu) dan ketebalan lapisan yang *kompresible* (Widoanindyawati & Wardani, 2016).

4. Analisa Waktu Pemampatan Tanpa PVD

Besar waktu pemampatan didapatkan dengan persamaaan 5 (Winner, 2017).

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{C_v} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

t = waktu konsolidasi U_h

T_v = faktor waktu

C_v = koefisien konsolidasi tanah

H_{dr} = tebal tanah

Setiap lapisan tanah memiliki C_v yang berbeda-beda maka C_v yang digunakan adalah C_v gabungan.

2.4 Analisa *Prevebricated Vertikal Drain* dan *Prevebricated Horizontal Drain*

Penggunaan PVD dan PHD dimaksudkan untuk mempercepat proses konsolidasi yang terjadi. Pada tahap ini akan dilakukan coba-coba terkait pola pemasangan dan jarak efektif PVD dan PHD sesuai umur rencana PVD. Setelah didapatkan jarak dan pola yang efektif, selanjutnya dilakukan perhitungan *settlement* dengan minimum pemampatan tanah sebesar 90% (Nurhidayah et al., 2022). Untuk mengetahui kedalaman pemasangan PVD perlu dilakukan analisa pada *rate of settlement* terhadap umur rencana proyek 1,5 cm/tahun. Perhitungan *rate of settlement* digunakan untuk mendapatkan kedalaman pemasangan PVD didasarkan pada *Undrained Shear Strenght* atau $C_u < 25$ kPa (Haris et al., 2018).

2.5 Penimbunan Bertahap

Penimbunan bertahap dilakukan dengan kecepatan 0,5 m/minggu yang dimaksudkan untuk menghindari kelongsoran dan mempermudah dalam tahap pelaksanaan dilapangan. Perhitungan jumlah tahapan didasarkan pada H-inisial sehingga tahapan per area berbeda-beda.

2.6 Stabilitas Lereng

Analisa stabilitas lereng digunakan untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor (Fauzi & Hamdhan, 2019). Pengecekan pada stabilitas perlu dilakukan agar mengetahui bahwa tanah dasar mampu menahan tanah setinggi timbunan pelaksana yang telah diperhitungkan. Dalam hal ini dilakukan pengecekan menggunakan

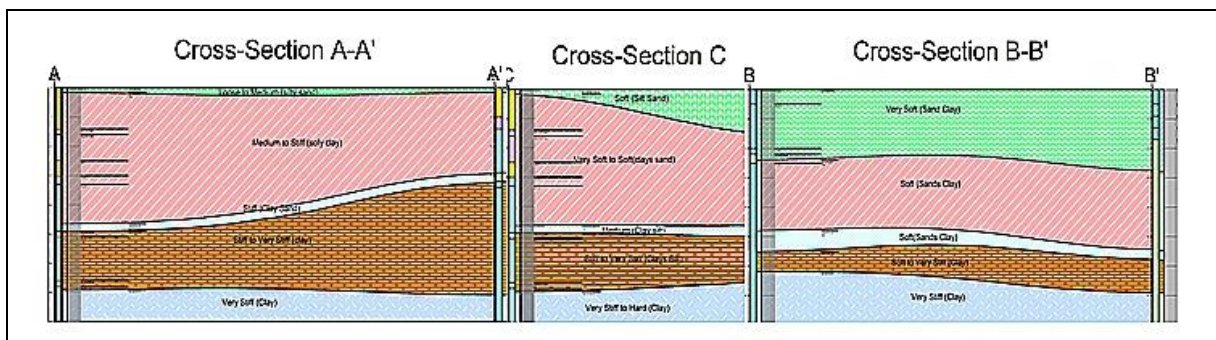
program bantu Geostudio-Geoslope dengan faktor keamanan > 1.3 .

Apabila stabilitas lereng memiliki nilai faktor keamanan < 1.3 maka akan dilakukan perkuatan lereng menggunakan *geotextile*. Perkuatan ini dimaksudkan untuk menambah daya dukung tanah tanah dasar setelah menambahkan timbunan. Geotextile dipasang untuk memenuhi nilai *moment resistance* dan faktor keamanan rencana (Septiandri et al., 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data Tanah dan Stratifikasi

Data 5 titik uji sondir dikelompokkan berdasarkan konsistensi kedalaman tanah lunaknya dengan cara statigrafi menggunakan program bantu *Rockwork*. Hasil program dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2.

Hasil Luaran Statigrafi Tanah Menggunakan Program Bantu Rockwork

Berdasarkan hasil statigrafi yang terlihat pada gambar 2 tersebut, didapatkan 3 area dengan konsistensi tanah dengan kedalaman yang berbeda yaitu :

1. Area A untuk BH-1 dan BH-2 dengan kedalaman tanah lunak mencapai 8 meter dengan konsistensi tanah *medium*.
2. Area B untuk BH-4 dan BH-5 dengan kedalaman tanah lunak mencapai 18 meter dengan konsistensi tanah *very soft to Soft*.
3. Area C untuk BH-3 dengan kedalaman tanah lunak mencapai 6

meter dengan konsistensi tanah *soft to medium*.

Perencanaan tanah timbunan didasarkan pada berat beban yang akan dipikul oleh tanah dasar setelah proyek berakhir. Tanah yang digunakan adalah tanah disekitar proyek dilaksanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\phi_{\text{timbunan}} &= 30^\circ ; \\ \gamma_{\text{timbunan}} &= 1.8 \text{ t/m}^3 \\ B_{\text{timbunan}} &= 64 \text{ m} \\ \text{Kemiringan} &= 1 : 2\end{aligned}$$

Sedangkan beban yang bekerja adalah sebagai berikut:

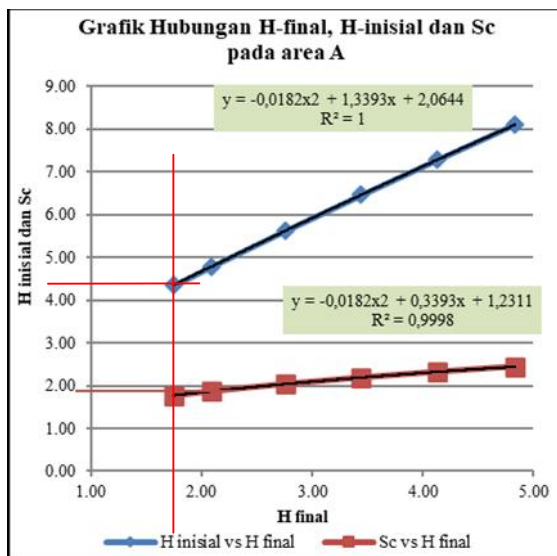
$$q_{\text{TMF}} = 4.09 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{Gedung}} = 5.3 \text{ t/m}^2$$

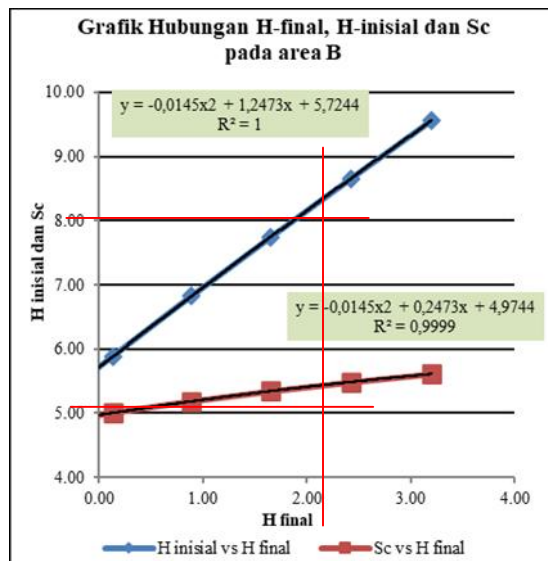
3.2 Analisa Tinggi Timbunan Pelaksanaan (H_{inisial})

Tinggi timbunan pelaksana didapatkan dari grafik hubungan antara H-final yang telah direncanakan setinggi 2 meter dengan H-inisial yang didapatkan dengan cara memberikan beban timbunan yang bervariasi. H-inisial dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Penambahan

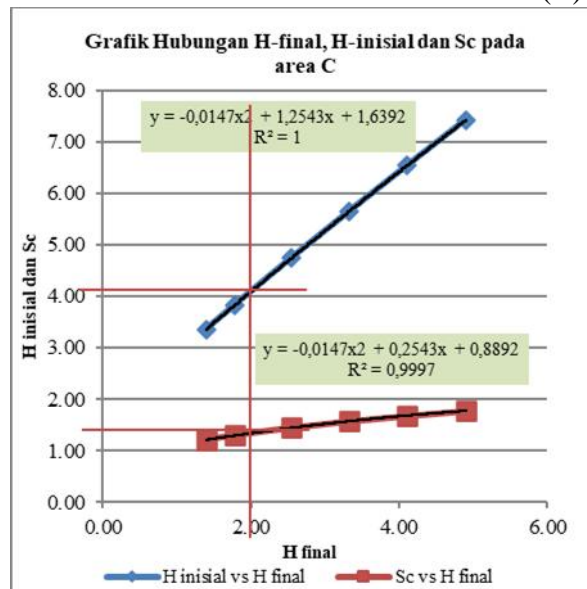
beban yang bervariasi akan menghasilkan H-inisial yang berbeda-beda. Besar *settlement* yang terjadi pada tiap area diperoleh dari grafik hubungan antara H-final dengan *settlement* (S_c). Nilai S_c dihitung dengan menggunakan persamaan 2. Dengan cara yang sama diperoleh hasil H-inisial dan besar *settlement* pada masing-masing varisai kedalaman ditunjukkan pada gambar 3.



(A)



(B)



(C)

Gambar .

Grafik Hubungan antara H-inisial, H-final, dan S_c pada: (A) area A, (B) area B, (C) area C

Berdasarkan gambar 3 dapat dicari nilai besaran H-inisial dan Sc berdasarkan nilai H-final yang direncanakan. Dengan nilai H-final sebesar 2 meter, maka dapat ditarik garis lurus melalui sumbu X secara vertikal keatas hingga berpotongan dengan kurva H-inisial (warna biru) dan kurva Sc (warna merah). Setelah berpotongan dengan

kedua kurva tersebut, ditarik garis mendatar horizontal menuju sumbu Y sehingga didapatkan nilai H-inisial dan Sc berdasarkan titik setiap kurva. Besaran nilai H-inisial dan Sc pada semua area disajikan pada tabel 1.

Tabel 1.

Tinggi H-inisial dan besar Sc yang terjadi pada semua area

Area	H-inisial (m)	Settlement (m)
A	4.67	1.84
B	8.11	5.4
C	3.9	0.98

Berdasarkan tabel 1, semakin tinggi tinggi H-inisial maka semakin besar *settlement* yang terjadi. Tinggi H-inisial tertinggi terletak pada area B yakni setinggi 8,11. Dengan diketahuinya Tinggi timbunan dan besar penurunan, maka dapat diketahui lama waktu pemampatan yang diperlukan untuk menyelesaikan penurunan yang terjadi.

3.3 Analisa Waktu Penurunan Konsolidasi

Waktu penurunan konsolidasi yang direncanakan adalah ketika konsolidasi mencapai derajat konsolidasi 90%. Waktu penurunan dihitung menggunakan persamaan 5. Rekapitulasi hasil waktu penurunan pada semua area disajikan pada tabel 2.

Tabel 2.

Rekapitulasi H-inisial, Sc, dan lama waktu penurunan

Area	Tinggi Timbunan (m)	Besar Penurunan (m)	Cv Gabungan (cm/det)	Waktu Penurunan (tahun)
A	4.67	1.84	0.0030	5.74
B	8.11	5.4	0.0026	33.06
C	3.9	0.98	0.0030	3.23

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa waktu penurunan semakin meningkat dengan semakin besarnya penurunan. Besar nilai Cv sangat mempengaruhi nilai waktu penurunan karena menjadi faktor pembagi sesuai pada rumusan 5. Semakin kecil nilai Cv maka akan semakin besar waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penurunan. Selain itu, waktu penurunan konsolidasi yang terjadi pada semua area membutuhkan waktu lebih dari 1 tahun. Sedangkan batas jadwal

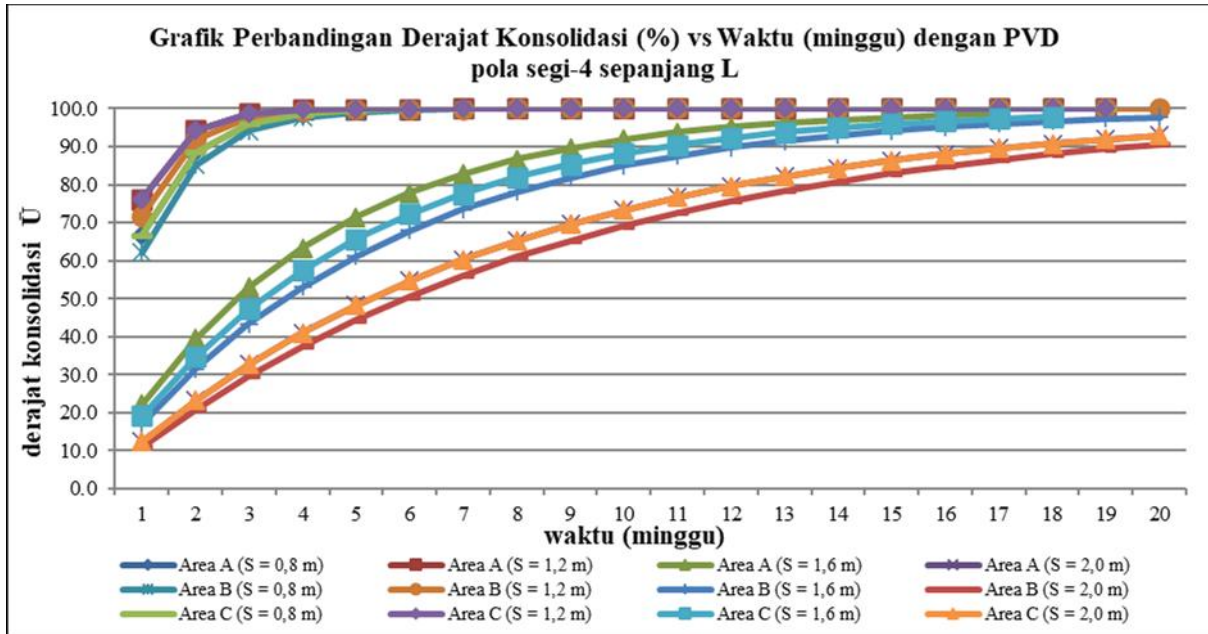
pelaksanaan perbaikan tanah yang direncanakan adalah hanya 1 tahun saja. Oleh karena itu, percepatan proses konsolidasi perlu untuk dilakukan dengan menambahkan PVD agar proyek TMF dapat segera dilaksanakan.

3.4 Analisa Prevebricated Vertikal Drain dan Prevebricated Horizontal Drain

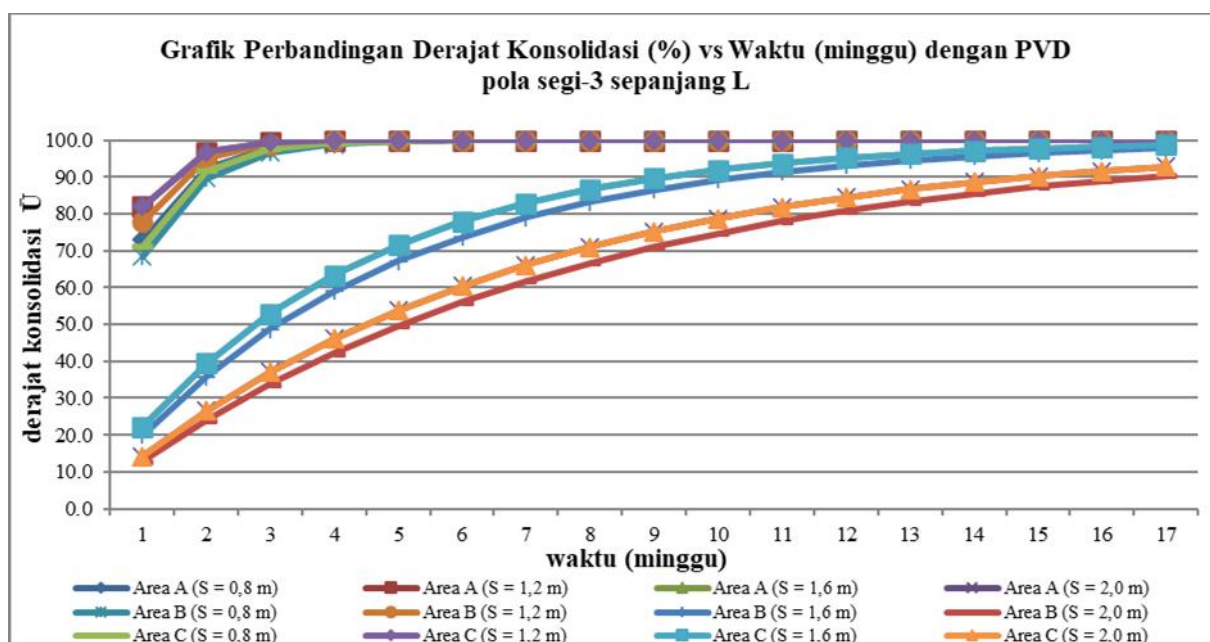
1. Pemilihan PVD

PVD direncanakan dengan 2 pola pemasangan yaitu pola persegi dan segitiga dengan jarak pemasangan yang berbeda yaitu 0,8 m, 1,2 m, 1,6 m, 2,0 m. Pola dan jarak pemasangan yang berbeda dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan serta efektifitas penggunaannya. Parameter yang digunakan untuk merencanakan PVD adalah faktor kadar lapisan pasir (f), koefisien konsolidasi horizontal (ch), koefisien

konsolidasi vertikal (cv), faktor konsolidasi vertikal (Tv), derajat konsolidasi vertikal (Uv) Diameter ekuivalen drain (de) (Mochtar, 2012). PVD yang dipilih merek CeTeaun Drain CT-D712 dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL. Hasil perhitungan pada setiap pola dan jarak pemasangan berbeda dapat dilihat pada gambar 4, gambar 5, dan tabel 3.



Gambar 4.
Grafik Perbandingan Derajat Konsolidasi (%) vs Waktu (minggu) dengan PVD pola segi-4 sepanjang L



Gambar 5.

Grafik Perbandingan Derajat Konsolidasi (%) vs Waktu (minggu) dengan PVD pola segi-3 sepanjang L

Tabel 3.

Waktu Konsolidasi yang dibutuhkan dengan adanya Pemasangan PVD dengan pola dan jarak pemasangan yang bervariasi pada derajat konsolidasi 90%

Spesi (m)	Area A		Area B		Area C	
	Pola segiempat	Pola segitiga	Pola segiempat	Pola segitiga	Pola segitiga	Pola segiempat
0,8	3 minggu	2 minggu	4 minggu	3 minggu	3 minggu	2 minggu
1,2	3 minggu	2 minggu	10 minggu	3 minggu	3 minggu	2 minggu
1,6	11 minggu	10 minggu	16 minggu	11 minggu	11 minggu	10 minggu
2,0	18 minggu	15 minggu	20 minggu	17 minggu	18 minggu	14 minggu

Tabel 3 menyajikan kebutuhan waktu konsolidasi pada setiap pola dan jarak PVD untuk mencapai derajat konsolidasi 90% berdasarkan grafik pada gambar 4 dan gambar 5. Berdasarkan tabel 3 tersebut, dapat disimpulkan bahwa dengan spasi PVD sebesar 0,8 m menghasilkan waktu PVD yang lebih cepat dibandingkan PVD dengan spasi 2 m. Pola segiempat memiliki waktu yang lebih lama daripada pola segitiga, namun dalam pelaksanaan dilapangan pola segiempat lebih mudah dari

pada pola segitiga (Fahriana et al., 2019). Berdasarkan hasil analisa tersebut pola segiempat dengan jarak 2 meter dapat diterapkan dengan pertimbangan tidak lebih dari umur optimum PVD yaitu 6 bulan.

2. Kedalaman Pemasangan PVD

Panjang pemasangan PVD dilapangan ditukan dengan nilai *Rate Of Settlement* (ROS) 1,5 cm / tahun, dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4.
Rekapitulasi Panjang Pemasangan PVD

Area	Panjang PVD (m)	Jarak PVD (m)	Waktu (Minggu)	ROS (cm/tahun)
A	8	2	18	0.69
B	15	2	20	0.98
C	5	2	18	0.63

Berdasarkan tabel 4, dengan jarak dan pola pemasangan yang dipilih, didapatkan kedalaman pemasangan PVD pada semua area. Toleransi pemampatan pada semua area tidak lebih dari 1,5 cm/tahun (Winner, 2017). Rate of settlement dimaksudkan untuk menghindari kerusakan struktur diatas tanah dasar akibat perbedaan pemampatan.

Pada perencanaan PVD perlu juga merencanakan PHD yang fungsinya untuk mengalirkan air dari PVD secara horizontal ke drainase atau salur pembuang. Pemasangan jarak PHD disesuaikan dengan jarak PVD. Perhitungan PHD perlu mempertimbangan faktor keamanan pemasangan 1,3. Sehingga didapatkan untuk area A untuk satu PHD digunakan untuk 30 PVD, Sehingga didapatkan untuk area B untuk satu PHD digunakan untuk 10 PVD, Sehingga didapatkan untuk area C untuk satu PHD digunakan untuk 40 PVD.

3.4 Analisa Stabilitas Timbunan Preloading

Timbunan preloading dilakukan secara bertahap dilakukan dengan asumsi penimbunan setinggi 0.5 m/minggu. Dengan H-inisial setiap area didapatkan untuk area A sebanyak 9 tahapan, area B 16 tahapan dan area C 4 tahapan. Setiap timbunan perlu dilakukan pengecekan tinggi timbunan kritis yang mampu diterima (H_{cr}) dengan *Safety Factor* (SF) > 1.3.

Berdasarkan hasil analisa program GeoSlope, dengan tinggi timbunan sebesar H-inisial pada area A dan C, dihasilkan nilai SF lebih dari 1.3. Sehingga, timbunan *preloading* pada area Adan C dapat

dilaksanakan secara bertahap tanpa waktu tunggu hingga ketinggian H-inisial. Sedangkan pada area B, tinggi timbunan kritis (H_{cr}) diketahui sebesar 2,2 m. Sehingga untuk dapat dilaksanakannya timbunan preloading secara bertahap tanpa waktu tunggu pada Area B, perlu dilakukan perkuatan pada lereng timbunan tersebut. Perkuatan timbunan dilakukan menggunakan geotextile sebab jenis perkuatan ini dapat diaplikasikan sekaligus bersamaan dengan pelaksanaan timbunan. Sehingga, pelaksanaan pekerjaan dapat dilaksanakan dengan mudah.

3.5 Perencanaan Geotextile

Perencanaan geotextile hanya dibutuhkan untuk memenuhi kekurangan *moment resistance* pada tanah timbunan. Kebutuhan geotextile didapat dari analisa Geoslope dengan:

$$\begin{aligned}
 SF &= 0.9825 \\
 R &= 11.941 \\
 M_R &= 20,973 \text{ kNm} \\
 SF_{\text{Rencana}} &= 1.5 \\
 M_D &= M_R / SF \\
 &= 20,973 \text{ kNm} \\
 M_R &= (SF_{\text{Rencana}} \times M_D) - M_R \\
 &= 13,037.27 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

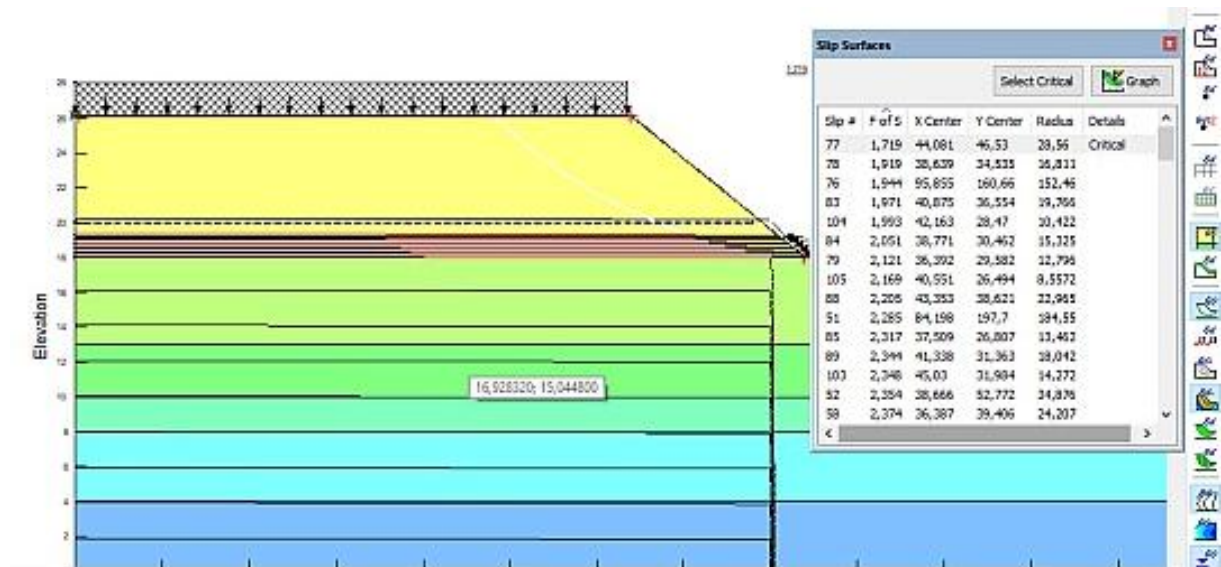
Geotextile dipilih type UW-250 dengan *Tensile Strenght* sebesar 25 kN/m Jarak pemasangan geotextile disamakan dengan tinggi penimbunan bertahap agar pemasangannya lebih efisiensi yaitu 0.5 m. Hasil kontrol keamanan kebutuhan geotextile serta faktor keamanan stabilitas lereng menggunakan geotextile disajikan pada tabel 5 dan gambar 5.

Tabel 5.
Kebutuhan Geotextile

layer	Hi (m)	n Layer	mr (kNm)	mr cum (kNm)	L 1/2 timb (m)	L geotextile (m)	Kontrol
1	8.11	1	260.00	260.00	32.62	65.2	Tidak Oke
2	7.61	1	252.13	512.13	32.45	64.9	Tidak Oke
3	7.11	1	244.26	756.39	32.39	64.8	Tidak Oke
4	6.61	1	236.39	992.77	32.14	64.3	Tidak Oke
5	6.11	1	228.52	1221.29	32.11	64.2	Oke
6	5.61	1	220.65	1441.94	31.93	63.9	Oke

Berdasarkan tabel 5, penambahan Geotextile sebanyak 6 lapis dapat mengatasi permasalahan kesetabilan tepi

timbunan dengan moment Resistance $1,441.94 \text{ kNm} > 13,037.27 \text{ kNm}$.



Gambar 5.

Hasil percobaan penambahan Geotextile sebanyak 6 lapis menggunakan program bantu Geslope

Berdasarkan gambar 5, penambahan geotextile sebanyak 6 lapis dapat mengatasi permasalahan stabilitas timbunan. *Safety Factor* meningkat dari 0.98 menjadi 1.7. Sehingga tanah dasar dinyatakan aman untuk menerima beban timbunan yang telah direncanakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui bahwa perbaikan tanah dasar untuk pembangunan *maintenance facility* teluk lamong dapat dibagi menjadi dari tiga area. Pembagian area didasarkan pada karakteristik tanah yang dihasilkan dari penyelidikan tanah lapangan. Semua area memiliki karakteristik tanah lunak. Oleh sebab itu, perbaikan tanah dengan memberikan timbunan *preloading* yang dikombinasikan dengan PVD. *Preloading* digunakan untuk memampatkan tanah

lunak sehingga dapat meningkatkan kepadatan tanah. Tinggi *preloading* pada setiap area bervariasi. Area B membutuhkan tinggi *preloading* yang paling tinggi sebesar 8,11 meter. Penyebabnya adalah area B memiliki tebal tanah lunak yang besar. Hal tersebut berdampak pada proses penimbunan bertahap pada area B tersebut. *Preloading* pada Area B membutuhkan penanganan khusus berupa perkuatan geotekstil pada timbunan sebanyak 6 lapis. PVD dipergunakan pada semua area pembangunan. Jarak efektif pemasangan PVD yang ditemukan berdasarkan hasil analisa pada kedua pola pemasangan yakni segitiga dan segiempat adalah sama sebesar 2 meter. Oleh karena itu, meskipun pola segitiga memiliki waktu konsolidasi lebih cepat, pola segiempat lebih baik untuk diterapkan sebab memiliki keefektifan dalam pemasangan dilapangan. Kedalaman PVD dapat dilakukan hingga kedalaman tanah keras pada semua area karena masih memiliki ROS kurang dari 1,5

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, A., Samang, L., Bakri Muhiddin, A., Harianto, T., & Djameluddin, A. R. (2018). Numerical Modelling of Reinforced Stone columns and Bamboo Mattress for Supporting Causeway Embankment on Soft Soil Bed. *Civil Infrastructures Confronting Severe Weathers and Climate Changes Conference*, 77–88.
- Aryandi, S. K., & Widyastuti, H. (2015). Analisis Kebutuhan Container Yard Terminal Multipurpose Teluk Lamong. *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), 1–6.
<https://repository.its.ac.id/62768/3/3112106034-Paper.pdf>
- Aspar, W. A. N., Fitriani, E. N., & Arthono, A. (2017). Perhitungan kembali nilai koefisien konsolidasi pada perbaikan tanah lempung lunak. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 1-13.
- Azizah, N. (2021). Digital Repository Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember. Digital Repository Universitas Jember, September 2019, 2019–2022.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). SNI 8460-2017. Persyaratan perancangan geoteknik, 8460, 2017.
- Fahriana, N., Ismida, Y., Lydia, E. N., Ariesta, H., & Artikel, R. (2019). Analisis Klasifikasi Tanah Dengan Metode USCS (Meurandeh Kota Langsa).
- Fauzi, I. M., & Hamdhan, I. N. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven Akibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. (Hal. 61-72). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(2), 61.
<https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i2.61>
- Haris, V. T., Lubis, F., & Winayati, W. (2018). Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 123–130.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v4i2.1143>
- Kuswanda, W. P. (2016). Perbaikan Tanah Lempung Lunak Metoda Preloading Pada Pembangunan Infrastruktur Transportasi Di Pulau Kalimantan. *INFO-TEKNIK*, 188-207.
- Mochtar, N. E. (2012). Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah (RC09-1402). Surabaya, Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Nurhidayah, E., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. (2022). Analisis Perkuatan Lereng Akibat Longsor di Desa Dompok. *Rekayasa Sipil*, 16(1), 9–14.
- Prasetyo, A., & Prihatiningsih, A. (2020).

- Analisis Penggunaan Prefabricated Vertical Drains (PVD) pada Tanah Lempung Lunak yang Terdapat Lapisan Lensa. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 119-134.
- Saleh, A., & Anggraini, M. (2019, April). Metoda Perbaikan Tanah Lunak dengan Penambahan Pasir. In *Prosiding Seminar Nasional Pakar* (pp. 1-4).
- Septiandri, R. A., Mochtar, I. B., & Lastiasih, Y. (2021). Analisis Kebutuhan Perkuatan Geotextile untuk Tinggi Timbunan Badan Jalan yang Bervariasi di atas Tanah Lunak Pada Kondisi dengan dan tanpa Pemasangan PVD (Prefabricated Vertical Drain). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 283. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i3.9504>
- Susiazti, H., Widiastuti, M., & Widayati, R. (2020). Analisis Penurunan Konsolidasi Metode Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain (PVD). *Teknologi Sipil*, 4(1), 1-8.
- Widoanindyawati, V., & Wardani. (2016). Analisa Efektifitas Kedalaman Pemasangan Pvd Studi Kasus Konstruksi Timbunan Apron Bandara Ahmad Yani Semarang. *Prosiding ...*, November, 1–11. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/678>
- Winner, D., Endah, N., & Sari, P. T. K. (2017). Perbaikan Tanah Dasar Menggunakan Pre-Fabricated Vertical Drain Dengan Variasi Kedalaman Dan Perkuatan Lereng Dengan Turap Studi Kasus: Lapangan Penumpukan Peti Kemas, Pelabuhan Trisakti, Banjarmasin, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), D44-D50.
- Zhafirah, A., & Amalia, D. (2019). Perencanaan Preloading Dengan Penggunaan Prefabricated Vertical Drain Untuk Perbaikan Tanah Lunak Pada Jalan Tol Pejagan-

Pemalang. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 21(1), 10-18.



Copyright© by the authors. Licensee Jurnal Ilmiah MITSU, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Halaman ini sengaja dikosongkan