

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN MANDIRI



ANALISA JARAK PEMASANGAN PVD PADA PERBAIKAN TANAH LUNAK
PADA RUAS TOL PADANG-SICINCIN STA 8-500

Oleh :

Risayanti., ST., MT	NIDN 1018028603	Ketua
Zufrimar., ST., MT	NIDN 1003067801	Anggota
Aulia Nugraha	NPM 1910015211181	Anggota

UNIVERSITAS BUNG HATTA PADANG
FEBRUARI 2025

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tanah Lempung Lunak	4
2.2 Metode Soil Preloading dengan PVD.....	4
2.3 Penurunan Konsolidasi	6
2.4 Waktu Konsolidasi Alami	6
2.5 Waktu Konsolidasi Dengan PVD.....	7
2.6 Derajat Konsolidasi Rata-rata.....	7
2.7 Tinggi Timbunan Awal.....	7
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Tahap Persiapan	11
3.2 Tahap Pengumpulan Data	11
3.3 Tahap Pengolahan dan Analisis Data	12
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	13
BAB V KESIMPULAN	20
DAFTAR PUSTAKA	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis-jenis metode perbaikan tanah.

Gambar 2.2 Ilustrasi metode preloading dengan PVD

Gambar 2.3 (a) Material PVD, (b) Prinsip kerja PVD

Gambar 2.4 Pola pemasangan PVD

Gambar 2.5 Diameter ekivalen PVD

Gambar 4.1 Gambar kondisi tanah dasar

Gambar 4.2 Parameter dasar tanah

Gambar 4.3 Kedudukan timbunan saat mengalami penurunan

Gambar 4.4 Grafik hubungan tinggi timbunan pelaksanaan dengan tinggi timbunan akhir

Gambar 4.5 Grafik hubungan penurunan dengan tinggi timbunan pelaksanaan

Gambar 4.6 Grafik waktu penurunan alami.

Gambar 4.7 Grafik waktu konsolidasi dengan PVD.

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Korelasi N-SPT dan konsistensi tanah

Tabel 2 Skenario Timbunan

Tabel 3 Waktu Penurunan dengan PVD

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan elemen krusial dalam pembangunan jalan tol dan adalah salah satu konstruksi yang langsung terlihat di lapangan. Tanah memerlukan kekuatan daya dukung dan kestabilan yang baik untuk menahan beban yang ada pada jalan tol tersebut. Jika daya dukung dan stabilitasnya dapat memenuhi beban yang direncanakan pada jalan tol, maka konstruksi jalan tol dapat dilakukan dengan lancar dan efisien. Akan tetapi, banyak lahan yang ada di proyek jalan tol tidak sesuai dengan beban rencana yang ditetapkan, sehingga kualitas tanah dalam proyek tersebut perlu diawasi agar kemampuan dukung dan kestabilannya dapat sesuai dengan beban rencana yang ditentukan.

Menurut Pramudyo et al. (2019), luas lahan dengan karakteristik tanah lunak di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 10 persen dari total luas daratan Indonesia. Tanah jenis ini sering dijumpai di pulau Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya. Akan tetapi, tanah lunak ini sering kita jumpai pada proyek-proyek infrastruktur karena proyek infrastruktur adalah proyek yang besar dengan waktu pelaksanaan yang singkat. Namun Sebagian besar tanah yang ditemukan di jalan tol adalah tanah lempung lunak yang terdiri dari butiran halus. Tanah ini memiliki kekuatan geser yang rendah, sehingga tidak cocok jika digunakan sebagai pendukung pondasi, bangunan, atau infrastruktur lainnya. Jika tanah ini tidak terawasi, maka bisa mengakibatkan kerusakan pada tanah itu dan pada bangunan yang berdiri di atasnya. Kerusakan yang diakibatkan oleh kegagalan ini bersifat kritis dan juga memunculkan kerugian yang signifikan, sehingga diperlukan perbaikan tanah pada tipe tanah ini.

Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk memperbaiki tanah lunak adalah dengan melakukan konsolidasi. Prinsip dasar dari proses konsolidasi adalah munculnya tegangan eksese pada air pori yang disebabkan oleh beban yang diberikan pada tanah, yang mengakibatkan keluarnya air yang terperangkap di antara butiran tanah dan membuat tanah mengalami pemampatan. Namun, proses konsolidasi memerlukan waktu yang cukup lama untuk tanah lempung karena karakteristik tanah lempung yang memiliki angka pori yang

rendah (impermeable). Oleh karena itu, muncul gagasan untuk mengurangi waktu konsolidasi tanah lempung dengan menggunakan drainase vertikal pada tanah lempung dengan cara mempersingkat jarak aliran air di dalam tanah. Pada awalnya, drainase vertikal menggunakan lubang yang diisi pasir lepas (sand drains), namun selanjutnya digantikan dengan Prefabricated Vertical Drains (PVD) yang terdiri dari inti plastik berbentuk beralur yang dilapisi dengan bahan geotekstil. Untuk lapisan tanah lempung yang cukup tebal, pemanfaatan PVD saja dalam proses konsolidasi belum memadai untuk mempercepat waktu yang diperlukan dalam proses konsolidasi. Sehingga perlu dilakukan kombinasi dengan penambahan gaya eksternal (preloading) yang direncanakan dengan baik.

Berdasarkan data penyelidikan tanah awal, diketahui bahwa Proyek Pembangunan Jalan Tol Seksi Padang - Lubuk Alung - Sicincin, berada di atas tanah lempung lunak dengan kedalaman 11 m. Sehingga perlu adanya suatu perbaikan tanah sebelum konstruksi jalan didirikan di atasnya.

1.2 Maksud dan Tujuan penelitian

Maksud Penelitian: Penelitian dimaksudkan untuk memberikan pemahaman yang mendalam terhadap pengaruh dari pemasangan PVD pada tanah lempung lunak serta mengetahui faktor-faktor apa saja yang menentukan percepatan penurunan pada jenis tanah ini.

Tujuan Penelitian: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar penurunan dan berapa lama waktu penurunan yang terjadi pada tanah lunak menggunakan metode Preloading dan Prefabricated Vertical Drainage dengan jarak pemasangan yang bervariasi.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung Lunak

Pedoman Geoteknik 1: Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah, Tanah lunak memiliki kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi, dan jika tidak dikenali dan diselidiki secara menyeluruh, dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan yang tidak dapat ditolerir dalam jangka panjang.

Tanah lempung lunak memiliki gaya geser yang kecil, kemampatan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Ikatan butiran antar partikel tanah akan menentukan nilai kekuatan geser tanah lempung lunak. Jika tanah lempung lunak menerima beban melampaui kapasitas daya dukung kritisnya, maka akan langsung terjadi pemampatan pada rongga antar partikel tanah dalam rentang waktu yang sangat lama. Dari permasalahan di atas, secara teknis tanah lempung lunak bersifat kurang menguntungkan untuk mendukung suatu beban konstruksi yang besar sehingga perlu adanya suatu metode perbaikan tanah sebelum konstruksi dilakukan.

Lapisan tanah yang disebut sebagai lapisan tanah yang lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang mempunyai harga penetrasi standar (SPT) N yang lebih kecil dari 4. Untuk korelasi antara N-SPT dengan jenis konsistensi tanah lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Menurut Toha (1989), sifat umum tanah lunak memiliki kadar air antara 80 – 100%, serta batas plastis 30 – 45%. Kemudian saat dites sieve analisis partikel yang lolos saringan no. 200 lebih besar dari 90% serta memiliki kuat geser 20-40 kN/m².

Tabel 1. Korelasi N-SPT dan konsistensi tanah.
(untuk tanah dominan lanau dan lempung).

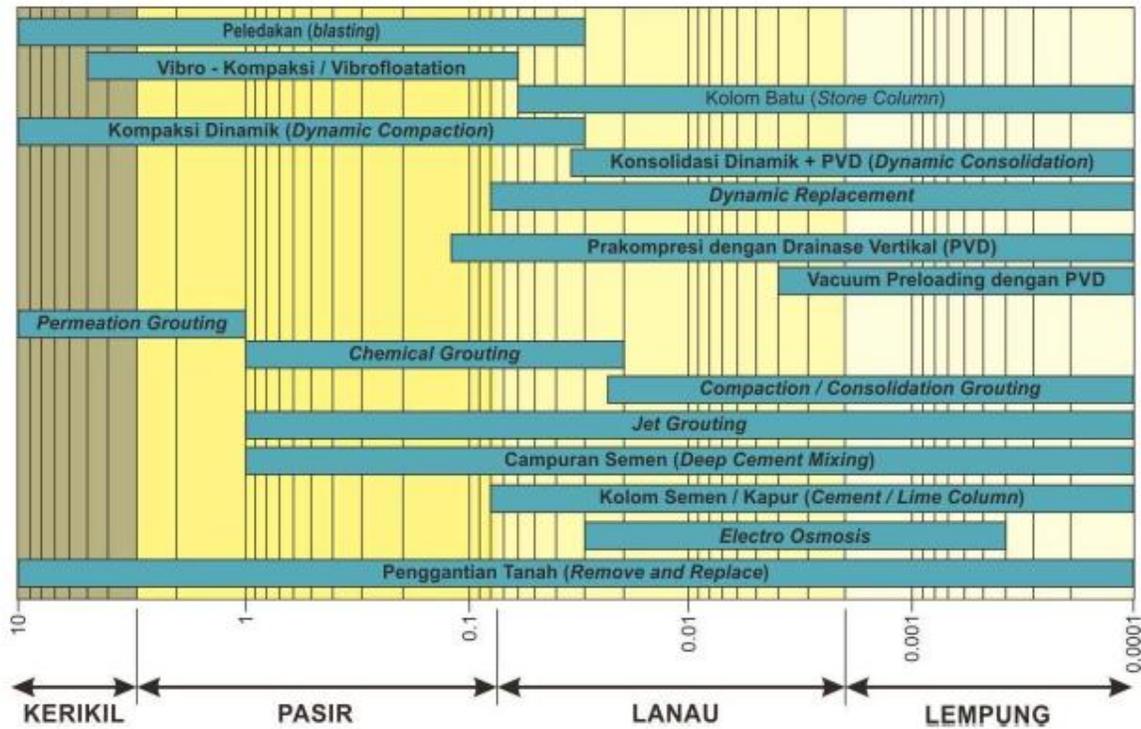
Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari Sondir)	
	kPa	ton/m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.0	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	>200	>20	>40	>150	>15000

(Sumber: Mochtar 2006, revised 2012)

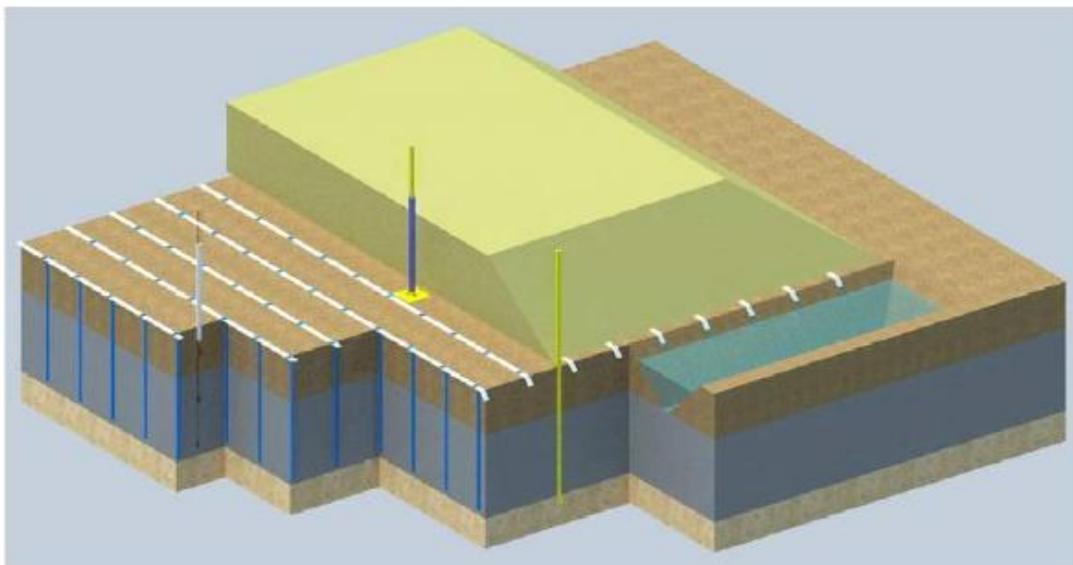
2.2 Metode Soil Preloading dengan PVD

Perbaikan tanah lunak metode soil preloading dengan PVD merupakan suatu solusi untuk mempercepat konsolidasi tanah lempung lunak sesuai SNI 8460:2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Pada metode soil preloading, air pori di dalam tanah dikeluarkan dengan cara dibebani timbunan tanah dan pengeluarannya dipercepat dengan PVD.

Ujung-ujung *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dihubungkan dengan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD), kemudian dilakukan penimbunan preloading dan selanjutnya kinerja dari sistem ini dipantau dengan instrumen geoteknik. Ilustrasi metode soil preloading ini dapat dilihat pada Gambar 2.

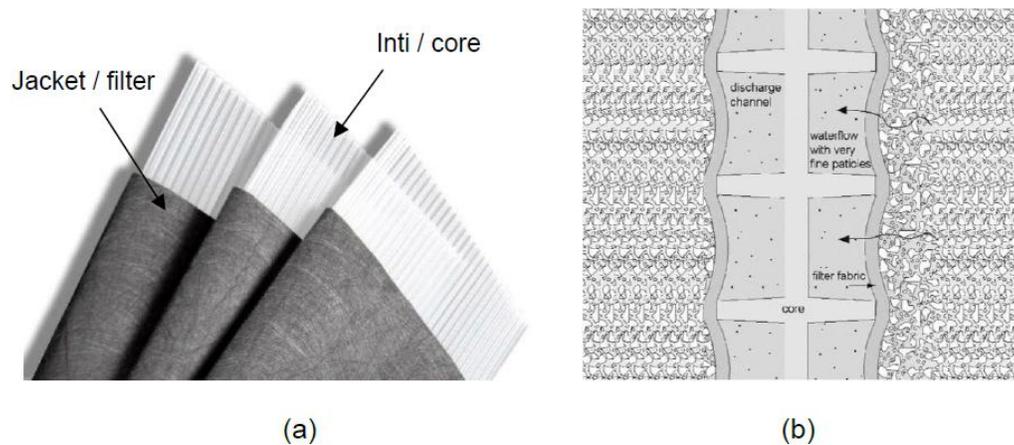


Gambar 2.1. Jenis-jenis metode perbaikan tanah.
 (Sumber: SNI 8460 Persyaratan Perencanaan Geoteknik, 2017).



Gambar 2.2 Ilustrasi metode preloading dengan PVD

Prefabricated Vertical Drain (PVD) merupakan suatu komposit geosintetik yang terdiri dari inti plastik (*core*) dan diselimuti dengan geotextile nonwoven (*jaket filter*). Geotextile yang digunakan merupakan lembaran tipis yang bisa secara bebas dilewati air menuju inti tanpa meloloskan atau dapat menahan butiran tanah. Inti yang digunakan memiliki profil *fishbone* yang berguna untuk mengalirkan air secara vertikal. Material PVD berbentuk pita memanjang dengan ukuran lebar penampang 100 mm dan tebal penampang bervariasi antara 3 - 5 mm. Prinsip kerja material PVD ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2.3 (a) Material PVD, (b) Prinsip kerja PVD

2.3 Penurunan Konsolidasi (S_c)

Besarnya konsolidasi menurut Terzaghi (1942) adalah sebagai berikut:

1. untuk tanah terkonsolidasi normal (*NC-soil*)

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

2. untuk tanah terkonsolidasi lebih (*OC-soil*)

bila $(p'_o + \Delta p) \leq p'_c$

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_0} \left[H \log \left(\frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right) \right]$$

bila $(p'_o + \Delta p) > p'_c$

$$S_c = \frac{C_s}{1 + e_0} H \log \frac{p'_c}{p'_o} + \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_c}$$

Dimana:

S_c = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau

H = tebal lapisan tanah compressible

e_0 = angka pori awal (initial void ratio)

C_c = indeks kompresi

C_s = indeks mengembang

Δp = beban surcharge

p'_o = tekanan tanah vertikal efektif dari suatu titik di tengah-tengah lapisan ke-I akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan (*effective overburden pressure*)

p'_c = tegangan konsolidasi efektif di masa lampau (*effective past overburden pressure*)

2.4 Waktu Konsolidasi Alami

Berdasarkan teori konsolidasi satu dimensi, aliran air pada saat konsolidasi secara alami terjadi pada satu arah saja yaitu secara vertikal. Menurut Terzaghi dalam Das (1990), lama waktu konsolidasi alami (t) dapat dicari melalui Persamaan berikut:

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

Dimana:

t = waktu konsolidasi

T_v = faktor waktu

H_{dr} = panjang aliran air/ *drainage* terpanjang

c_v = koefisien konsolidasi vertikal

Apabila lapisan tanahnya heterogen dan mempunyai beberapa nilai C_v , maka nilai C_v yang dipakai adalah nilai C_v gabungan yaitu :

$$C_{v_{gab}} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right]^2}$$

Dimana:

H_i = tebal lapisan ke-i

C_{vi} = nilai C_v lapisan ke-i

2.5 Waktu Konsolidasi Dengan PVD

Penentuan waktu konsolidasi dengan PVD menurut Barron (1948) dengan teori aliran pasir vertikal, menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi.

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot C_h} \right) \cdot F(n) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - U_h} \right)$$

Dimana:

t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer

D = diameter ekivalen pengaruh PVD (Gambar 4)

$D = 1,13 \times s$, untuk pola susunan bujur sangkar

$D = 1,05 \times s$, untuk pola susunan segitiga

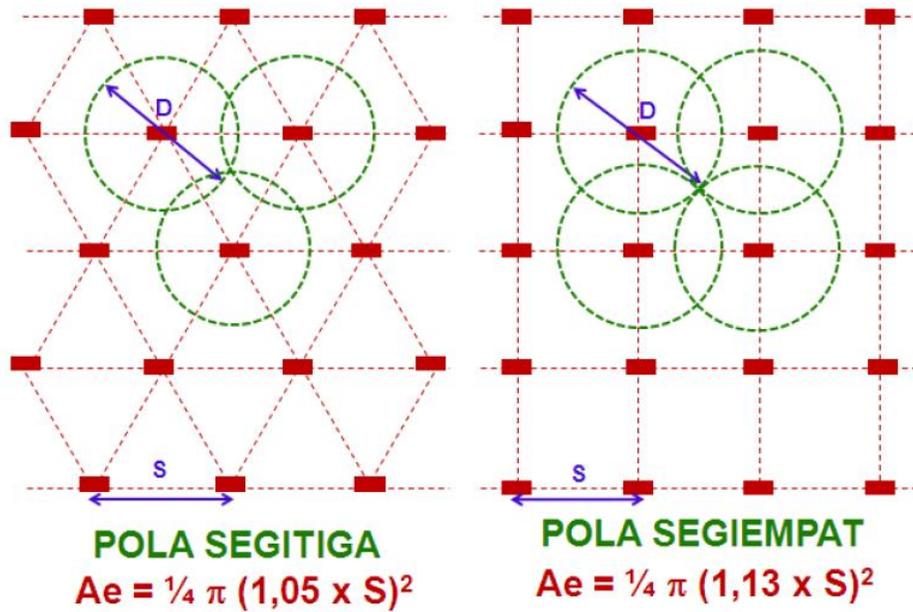
c_h = koefisien konsolidasi tanah arah horizontal ($c_h = 1 \sim 3 c_v$)

U_h = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah horizontal

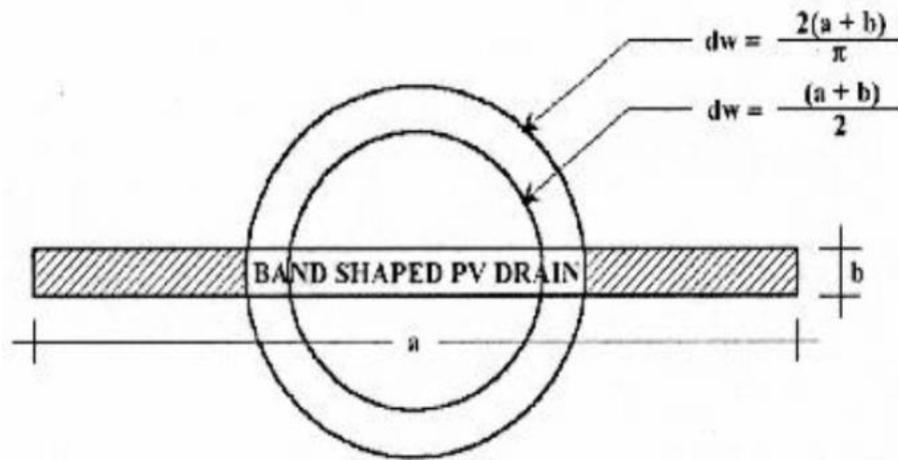
F_n = faktor jarak PVD

$$F(n) = \ln \left(\frac{D}{d_w} \right) - \frac{3}{4}$$

d_w = diameter ekivalen PVD (Gambar 5)



Gambar 2.4 Pola pemasangan PVD



Gambar 2.5 Diameter ekivalen PVD

2.6 Derajat Konsolidasi Rata-rata

Derajat konsolidasi rata-rata (U_r) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$U_r = [1 - (1 - U_h) \cdot (1 - U_v)] \times 100 \%$$

Dimana:

U_v = derajat konsolidasi arah vertikal

- untuk $0 < U_v < 60\%$

$$U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

- untuk $U_v > 60\%$

$$U_v = (100 - 10^a)\%, \quad a = \frac{1,781 - T_v}{0,933}$$

U_h = derajat konsolidasi arah horizontal

$$U_h = [1 - \exp(-x)] \times 100\%, \quad x = \frac{8 \cdot C_h \cdot t}{D^2 \cdot F(n)}$$

2.7 Tinggi timbunan awal

Tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) pada saat pelaksanaan tidak sama dengan tinggi timbunan rencana (H_{final}) (zhafirah, 2019). Untuk menentukan tinggi timbunan rencana, memperhatikan besarnya pemampatan yang terjadi pada tanah asli. Untuk mencari besarnya tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) memakai rumus sebagai berikut :

$$H_{initial} = H_{final} + H_{surcharge}$$

Beban yang bekerja diatas tanah dasar yaitu beban tanah timbunan, beban perkerasan (*surcharge*) dan beban lalu lintas. Ketiga beban tersebut dijumlahkan yang nantinya akan dimodelkan dalam bentuk tanah timbunan dengan jumlah berat beban yang sama. Beban perkerasan diperhitungkan untuk penurunan tanah dasar dengan memakai persamaan :

$$Q_{per} = G_s \times H_{per}$$

dimana :

Q_{per} = beban perkerasan (t/m²),

G_s = berat jenis dan H_{per} adalah tebal perkerasan (m).

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk menganalisis perbaikan tanah menggunakan PDV. Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan:

3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini, penelitian difokuskan pada perencanaan awal dan pengumpulan informasi dasar. Kegiatan yang dilakukan meliputi:

- Identifikasi Masalah:
 - o Mengkaji jenis tanah yang ada dilapangan
 - o Mengidentifikasi dampak dari jenis tanah terhadap konstruksi jalan yang akan dibangun.
- Studi Literatur:
 - o Mengumpulkan teori dan penelitian terdahulu mengenai perbaikan tanah menggunakan PVD.
- Penyusunan Rencana Penelitian:
 - o Menentukan metode analisis dan data yang dibutuhkan.
 - o Menyusun Persamaan yang akan digunakan dalam menganalisis

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data sekunder untuk mendukung analisis penelitian. Data sekunder yang dikumpulkan antara lain :

3.2.1 Data Teknis Awal

Data teknis awal diperoleh dari pemberi kerja sebagai acuan awal untuk melakukan desain perencanaan dari pekerjaan perbaikan tanah yang akan dilakukan. Data yang diperoleh antara lain: data SPT, dan CPT.

3.2.2 Data Perancangan

Kondisi Tanah Dasar

Kondisi tanah dasar berdasarkan data borlog awal yang memberi gambaran jenis tanah pada masing-masing kedalaman di lokasi yang akan diteliti.

Tanah Timbunan

Tanah timbunan dalam pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan PVD metode *Soil Preloading* memiliki fungsi yaitu sebagai timbunan untuk memenuhi desain elevasi dan juga beban preloading.

Beban Rencana

Beban rencana berupa lalu lintas kendaraan pada permukaan jalan dan beban perkerasan rigid dengan tebal 55 cm.

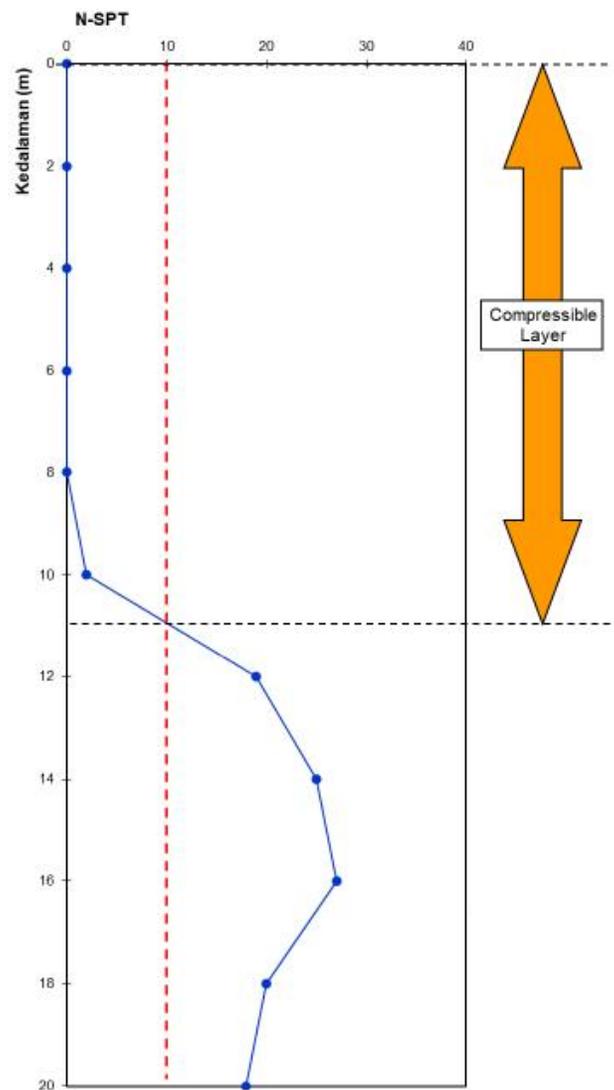
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data Sekunder

4.1.1 Data Teknis Awal.

Berdasarkan data SPT yang diujikan dilapangan diketahui bahwa kedalaman tanah lunak ($NSPT < 10$ atau $qc < 40 \text{ kg/cm}^2$) adalah 11 m seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gambar kondisi tanah dasar

4.1.2 Tanah timbunan

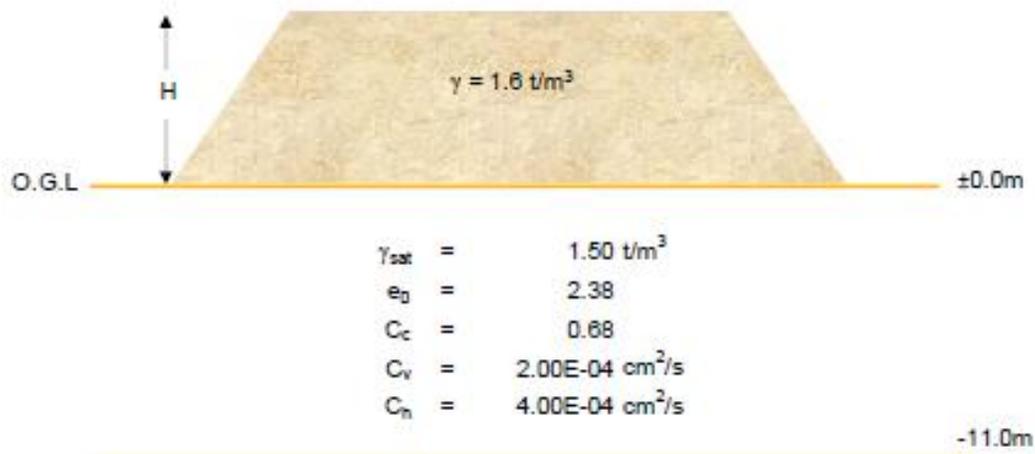
Tanah timbunan yang digunakan memiliki berat volume 1,6 t/m³. Fungsi dari tanah timbunan sendiri adalah sebagai beban preloading dan untuk memenuhi desain elevasi.

4.1.3 Beban rencana

Beban rencana berupa lalu lintas kendaraan sebesar 15 kPa pada permukaan jalan dan beban perkerasan rigid dengan tebal 55 cm atau setara 11,9 kPa. Elevasi desain subgrade pada proyek ini untuk STA 8+600 berada di +9,080 dengan elevasi tanah eksisting berada di +5,900, atau tinggi timbunan subgrade sebesar $9,080 - 5,900 = 3,180$ m. Dengan tebal subgrade 3,180 m maka beban lalu lintas yang diterima di permukaan tanah dasar menjadi 13,38 kPa. Jadi total beban preloading adalah $13,38$ kPa (lalu lintas) + $11,9$ kPa (perkerasan) = $25,28$ kPa atau setara dengan timbunan 1,58 m (asumsi γ timbunan = 1,6 t/m³).

4.1.4 Parameter Tanah Dasar

Dari data tanah yang ada kemudian dikorelasikan untuk memperoleh simplifikasi parameter tanah dasar yang digunakan sebagai bahan inputan untuk perhitungan analisa besar dan waktu penurunan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2



Gambar 4.2 Parameter dasar tanah

4.2 Pengolahan data

4.2.1 Menentukan tinggi timbunan final

Tinggi timbunan tanah dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu beban timbunan subgrade, beban preload dan beban timbunan tambahan untuk memenuhi load ratio = 1,3. Untuk memperoleh besarnya timbunan pelaksanaan (HR), terlebih dahulu hitung tinggi timbunan final (Hf) yang direncanakan. Tinggi timbunan final diperoleh

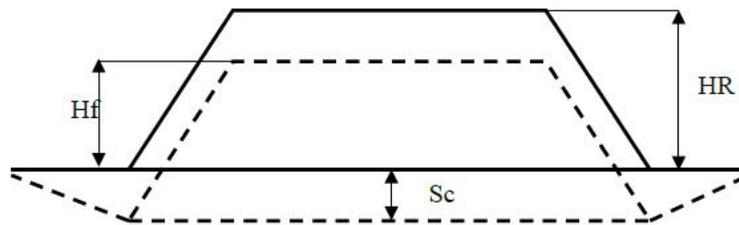
dengan rumus:

$$H_f = H_{\text{subgrade}} + H_{\text{preload}} + H_{\text{tambahan}}$$

$$H_f = 3,180 + 1,580 + 1,767 = 6,527 \text{ m}$$

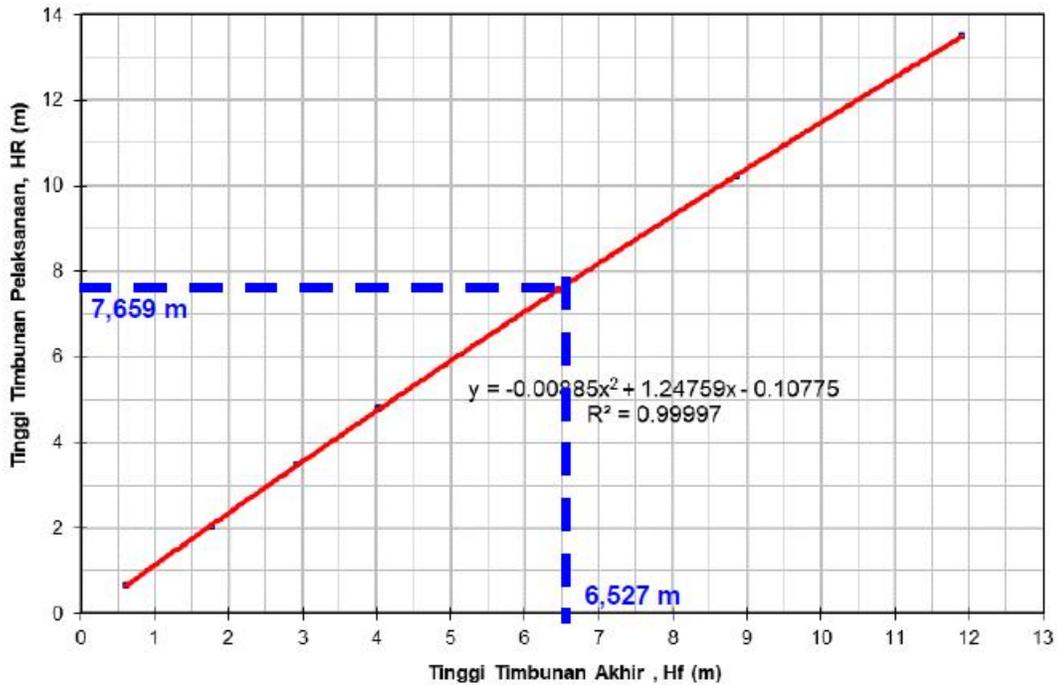
4.2.2 Besar dan waktu penurunan alami

Tinggi timbunan pelaksanaan (HR) dihitung berdasarkan besarnya tinggi timbunan final (Hf) yang ditambah dengan besarnya penurunan (Sc) yang terjadi akibat adanya proses konsolidasi yang diilustrasikan dalam Gambar 4.3. Secara matematis dapat dikatakan $H_f = HR - Sc$.



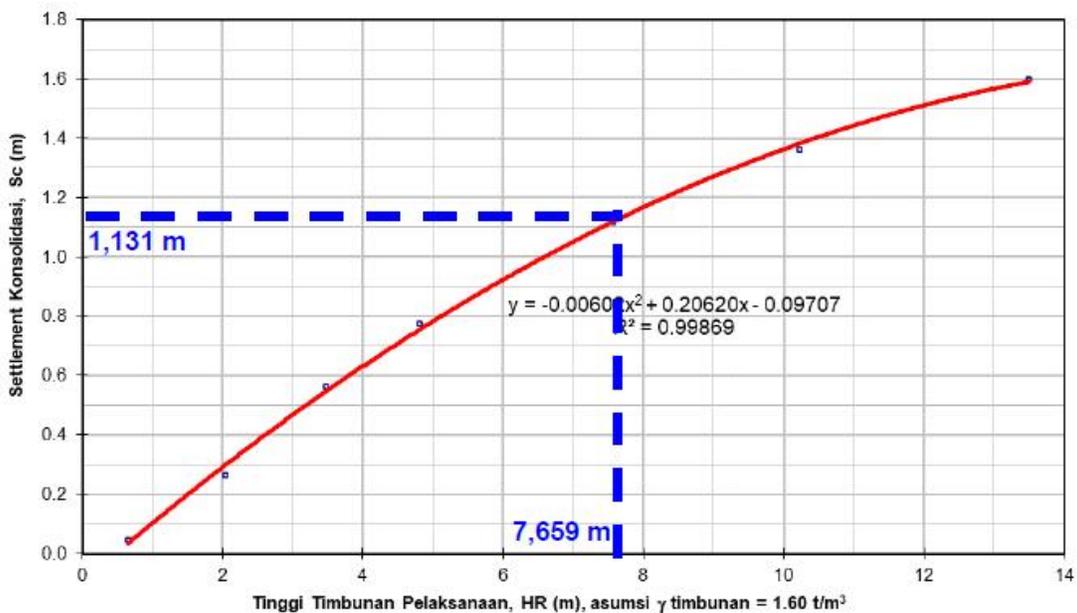
Gambar 4.3 Kedudukan timbunan saat mengalami penurunan

Hubungan HR dan Hf akibat variasi beban q dapat dilihat dari grafik pada gambar 4.4 dimana jika menginginkan timbunan final 6,527 m maka diperlukan timbunan setinggi 7,659 m pada saat pelaksanaan.



Gambar 4.4 Grafik hubungan tinggi timbunan pelaksanaan dengan tinggi timbunan akhir

Kemudian Persamaan $H_f = H_R - S_c$ juga memberikan hubungan antara S_c dan H_R seperti terlihat pada gambar 4.5. Pada grafik tersebut diketahui bahwa akibat timbunan pelaksanaan setinggi 7,659 m akan mengakibatkan penurunan pada tanah dasar sebesar 1,131 m.



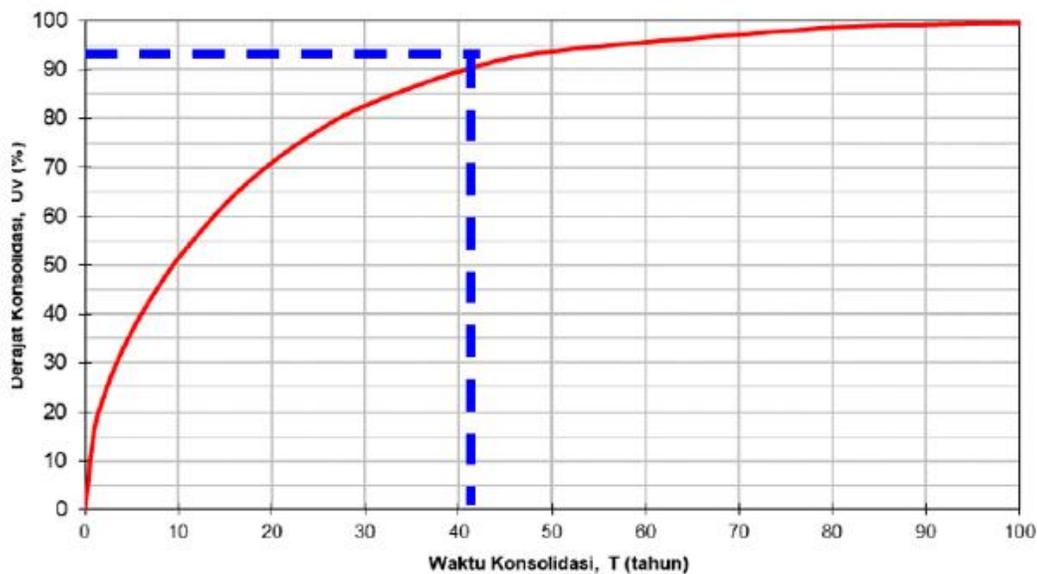
Gambar 4.5 Grafik hubungan penurunan dengan tinggi timbunan pelaksanaan

Dari Persamaan yang diperoleh dari grafik pada gambar 4.4 dan 4.5 dapat dihitung skenario timbunan yang akan dilakukan pada tanah dasar seperti terlihat pada table 2.

Tabel 2. Skenario Timbunan

NO	URAIAN	SATUAN	NILAI
A	DATA MASUKAN		
1	γ tanah timbunan (A)	ton/m ³	1,600
2	Elevasi desain (B) = 9,082 – 5,902	meter	3,180
3	Beban operasional 25,28 kPa (C)	meter	1,580
4	Tinggi timbunan tambahan (D)	meter	1,767
5	Load Ratio (E = G/(B+C+H))	meter	1,300
B	DATA KELUARAN		
1	Tinggi timbunan final (F = B+C+D)	meter	6,527
2	Tinggi timbunan pelaksanaan (G = grafik)	meter	7,659
3	Estimasi penurunan (H = G - F)	meter	1,131
4	Tinggi timbunan bongkar (I = C + D)	meter	3,347

Dari besaran beban yang diaplikasikan pada tanah dasar serta telah mengetahui parameter dari tanah dasar, maka waktu penurunan alami dapat dihitung sehingga terbentuk grafik seperti terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik waktu penurunan alami.

Untuk mencapai penurunan yang diinginkan yaitu pada derajat konsolidasi 90% maka dibutuhkan waktu selama 41 tahun jika terjadi secara alami.

4.2.3 Load Rasio

Load ratio merupakan perbandingan antara beban *preloading* dengan beban layan. Dalam SNI 8460:2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik disebutkan bahwa beban total prapembebanan (tanah timbunan) yang diaplikasikan ke tanah asli harus memenuhi kondisi berikut:

- $\geq 1,3$ kali beban yang direncanakan pada kondisi layan bila efek gaya angkat (*buoyancy effect*) yang diterima beban timbunan pada saat proses prapembebanan berlangsung tidak diperhitungkan.
- $\geq 1,2$ kali beban yang direncanakan pada kondisi layan bila efek gaya angkat (*buoyancy effect*) yang diterima beban timbunan pada saat proses prapembebanan berlangsung diperhitungkan.

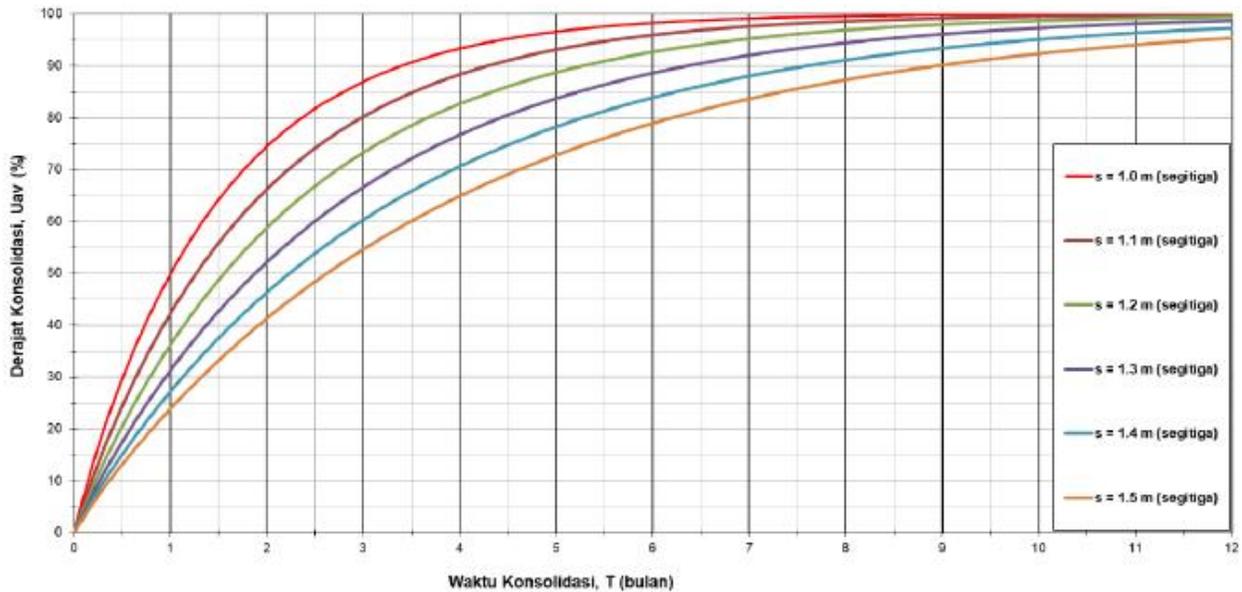
Semua beban saat improvement dibagi dengan semua beban saat operasional adalah nilai Load rasio. Perhitungan load rasio untuk proyek ini adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Load Ratio} &= \frac{\text{timbunan tanah} + \text{preload}}{\text{timbunan tanah} + \text{beban operasional}} \\ &= \frac{3,180 + 1,131 + 3,347}{3,180 + 1,131 + 1,580} = \frac{7,659}{5,891} = 1,3 \end{aligned}$$

4.2.4 Waktu Penurunan Dengan PVD

Dengan adanya PVD maka arah aliran air menjadi lebih pendek kearah horizontal sehingga parameter yang digunakan adalah Ch, dimana $Ch = 1 \sim 3 C_v$. Nilai parameter $C_v = 2.00 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$, apabila digunakan $Ch = 2 \times C_v$ maka nilai Ch adalah $4.00 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$. Apabila penampang PVD yang digunakan adalah $3 \times 100 \text{ mm}$ dan dipasang sampai kedalaman 11 m dengan pola segitiga, maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 90% pada variasi jarak dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Tabel 3. Dapat dilihat bahwa semakin dekat jarak pemasangan membuat waktu konsolidasi semakin cepat dan begitu pula sebaliknya. Dalam proyek ini akan digunakan pola pemasangan segitiga dengan jarak pemasangan 1.2 m dan waktu

tunggu \pm 5,5 bulan. Waktu tunggu ini jauh lebih cepat daripada waktu penurunan alami tanpa PVD.



Gambar 4.7 Grafik waktu konsolidasi dengan PVD.

Tabel 3. Waktu penurunan dengan PVD.

No	Jarak PVD, s (m)	Waktu, T (bulan)	Derajat Konsolidasi, U_{av} (%)
1	1.0	3.50	90.00
2	1.1	4.25	90.00
3	1.2	5.50	90.00
4	1.3	6.50	90.00
5	1.4	7.75	90.00
6	1.5	10.75	90.00

BAB V

KESIMPULAN

Perbaikan tanah menggunakan metode preloading dan PVD memberikan dampak signifikan terhadap waktu penurunan tanah dilapangan. Dari perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa penurunan tanah dengan derajat konsolidasi 90% yang terjadi secara alami akibat beban preloading yang diberikan dapat dicapai selama 41 tahun. Sedangkan jika ditambahkan penggunaan PVD, penurunan tanah dengan derajat konsolidasi 90% dapat terjadi lebih cepat bergantung pada jarak pemasangannya. Dengan pola pemasangan segitiga, jika jarak antar PVD 1,5 m maka derajat konsolidasi 90% dapat tercapai dalam waktu 10 tahun. Waktu tercepat dalam mencapai penurunan 90% terjadi pada jarak antar PVD 1,0 m. Artinya semakin dekat jarak pemasangan PVD maka akan semakin mempercepat terjadinya penurunan karena panjang aliran yang dilalui air semakin pendek. Namun perlu juga diperhatikan batasan jarak minimum pemasangan PVD untuk menghindari terjadinya keruntuhan pada struktur tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Zhafirah and D. Amalia, "Perencanaan Preloading Dengan Penggunaan Prefabricated Vertical Drain Untuk Perbaikan Tanah Lunak Pada Jalan Tol Pejagan-Pemalang," *Potensi J. Sipil Politek.*, vol. 21, no. 1, p. 10, 2019, doi: 10.35313/potensi.v21i1.1314.
- Barron, R. A. (1948). Closure of Consolidation of Fine-Grained Soils by Drain Wells. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 113, 751–754.
<https://doi.org/10.1061/TACEAT.0006098>
- Biarez, J., & Favre, J. (1976). Corrélations de paramètres en mécanique des sols. Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *Panduan Geoteknik 1: Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak* (Pedoman Kimpraswil No: Pt T-8-2002-B).
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I* (Edisi ketiga). PT Gramedia Pustaka Utama.
- N. E. Mochtar, *Metode Perbaikan Tanah*, edisi ke-4. Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Surabaya, 2012.