

**PERENCANAAN METODE *PRELOADING* DENGAN KOMBINASI
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD) PADA PERBAIKAN TANAH
PROYEK KONTRUKSI JALAN TOL**

Ratnaningsih¹, Desiana Vidayanti²

Program studi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Email: ratnaningsihruswan@gmail.com

ABSTRAK

Kata kunci:

Penurunan tanah,
Preloading, PVD, Uji
Penetrasi Standar,
Likuifaksi

Proyek pembangunan infrastruktur jalan tol merupakan upaya dalam mewujudkan pelayanan umum, antara pemerintah daerah dan pemerintah pusat. Salah satu pembangunan jalan tol yang akan dilakukan yakni proyek jalan tol di Kabupaten Semarang, jalan tol ini menghubungkan daerah Kabupaten Semarang dan Yogyakarta. Kondisi tanah dasar pembangunan jalan tol tersebut memiliki jenis tanah lempung lunak dan tanah pasir dengan nilai N-SPT < 10. Tanah lempung lunak mencapai kedalaman 24 m, sedangkan tanah pasir dengan N-SPT rendah tersebar pada kedalaman tertentu. Daya dukung tanah lempung lunak tersebut rendah dan memiliki permeabilitas tinggi, serta untuk tanah pasir dapat berpotensi akan likuifaksi, sehingga akan dilakukan perencanaan perbaikan metode preloading dengan prefabricated vertical drain (PVD) untuk meningkatkan daya dukung tanah. Metodologi penelitian dimulai dengan pengumpulan data, dan studi literatur. Selanjutnya adalah mengidentifikasi stratigrafi per lapisan tanah berdasarkan Boring Log dan Uji Penetrasi Standar. Dilanjutkan dengan menentukan besar penurunan dan lama waktu pemampatan. Penurunan mencapai 0,841 m dengan tinggi preloading 2,7 m. Waktu untuk mencapai derajat konsolidasi alami adalah 16,7 tahun, sedangkan lama waktu konsolidasi dengan PVD adalah 90 hari.

ABSTRACT

Keywords:

Soil Settlement,
Preloading, PVD,
Standar Penetration
Test, Liquefaction

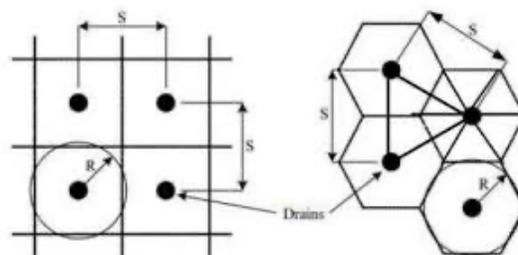
The construction project of toll road infrastructure is an effort to realize public services, involving both local and central governments. One of the toll road developments planned is the toll road project in Semarang Regency, which connects the areas of Semarang Regency and Yogyakarta. The subsoil conditions for the construction of this toll road consist of soft clay and sandy soil with N-SPT values < 10. The soft clay extends to a depth of 24 meters, while the sandy soil with low N-SPT is scattered at certain depths. The bearing capacity of the soft clay soil is low with high permeability, and the sandy soil has the potential for liquefaction, thus planning for improvement using the preloading method with prefabricated vertical drains (PVD) to enhance soil bearing capacity. The research methodology begins with data collection and literature review. Next is identifying the soil layer stratigraphy based on Boring Log and Standard Penetration Test. This is followed by determining the magnitude of settlement and the duration of compression. The settlement reaches 0.841 meters with a preloading height of 2.7 meters. The time to reach natural consolidation degree is 16.7 years, whereas the consolidation time with PVD is 90 days.

PENDAHULUAN

Proyek pembangunan infrastruktur jalan tol merupakan upaya pemerintah dalam mewujudkan pelayanannya. Pembangunan infrastruktur jalan tol antara pemerintah daerah dan pemerintah pusat sedang berlangsung di berbagai lokasi di Indonesia salah satunya adalah proyek jalan tol di Kabupaten Semarang. Namun pelaksanaan pembangunan tak luput dari permasalahan teknis yang signifikan, seperti permasalahan kondisi tanah wilayah proyek pembangunan jalan.

Berdasarkan statigrafi tanah dan data hasil Uji Penetrasi Standar (SPT), pembangunan kontruksi jalan tol di Kabupaten Semarang merupakan proyek kontruksi yang sebagian besar berada diatas tanah lunak. Menurut Braja M. Das (1995), Tanah lunak memiliki kadar air yang tinggi yakni berada pada kisaran 90%-120%, dengan proses permeabilitas yang rendah, sehingga memiliki daya dukung tanah yang rendah. Pembangunan diatas tanah lempung lunak dapat mengganggu proses pelaksanaan proyek kontruksi, karena dapat berpotensi akan penurunan konsolidai tanah (*Consolidation Settlement*). Berdasarkan proses permeabilitas pada tanah lempung yang rendah sehingga tanah memerlukan waktu yang lama untuk air keluar dari dalam tanah, dan menyebabkan lama waktu penurunan yang lambat (Terzhagi, 1925).

Beberapa pekerjaan mengenai permasalahan permeabilitas tanah yang rendah dapat dilalukan perbaikan dengan metode *preloading* yang dikombinasikan PVD. Metode *preloading* dilakukan dengan cara meletakkan beban rencana kontruksi (*load*) di atas tanah, peletakan beban dikonversikan menggunakan tanah timbunan yang sama besarnya dengan beban kontruksi. Sedangkan untuk mempercepat laju penurunan konsolidasi dengan cara memeperpendek lintasan pengaliran, metode *preloading* perlu dikombinasikan dengan PVD. PVD bekerja dengan meminimalisir tekanan, maka otomatis air akan masuk kedalam PVD secara horizontal melalui filter PVD dan inti PVD meneruskan air ke arah vertical atau arah luar tanah. Pemasangan PVD dapat dilakukan dengan pola konfigurasi segitiga atau segiempat dengan jarak jarak tertentu.



Gambar 1 Pemasangan PVD pola segiempat (kiri) dan pola segitiga (kanan)

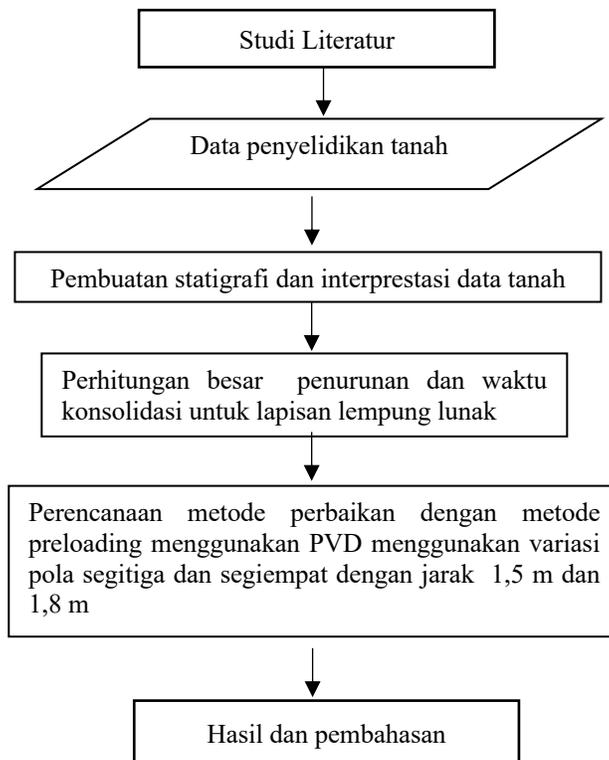
Salah satu pekerjaan kontruksi dengan metode perbaikan *preloading* dengan PVD adalah pada jalan Tol Pejagan – Pemalang. Dalam penelitian Athaya & Dewi (2019) masalah tanah lunak dengan menerapkan perbaikan tanah metode *preloading* dengan PVD dapat diatasi, dimana tanah lunak sedalam 9,0 m dengan rencana tinggi timbunan 11 m mengalami penurunan tanah sedalam 2,122 m dalam waktu 38,49 tahun dapat meingkatkan daya dukung tanah, pada awal penimbunan

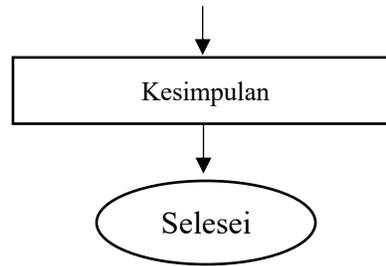
nilai C_u adalah $2,5 \text{ t/m}^2$ namun diakhir penimbunan nilai C_u naik menjadi $7,0 \text{ t/m}^2$. Sedangkan waktu konsolidasi 90% dengan PVD berlangsung lebih cepat, menjadi 11 minggu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar dan lama waktu penurunan tanah, hasil tersebut dapat digunakan untuk merencanakan perbaikan tanah dengan preloading dengan PVD. Pada penelitian ini analisis perhitungan berfokus pada daerah titik tinjau yang memiliki potensi penurunan konsolidasi terbesar. Perhitungan penurunan tanah yang digunakan adalah metode Terzhagi konsolidasi satu dimensi. Topik bahasan berdasarkan interpretasi data hasil uji laboratorium dan Uji Penetrasi Standar (SPT).

METODE

Langkah-langkah penelitian mengenai analisis potensi dilakukan dengan beberapa tahap pekerjaan mulai dari studi literatur yang digunakan dalam penulisan maupun penelitian, Setelah tahap studi literatur, peneliti melakukan tahap analisis pada data *engineering properties*, *index properties*, dan data lapangan sumber data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara. Dimana data tersebut antara lain adalah literatur-literatur penunjang, grafik, tabel, dan yang berkaitan erat dengan proses perencanaan bangunan, baik dipublikasi maupun tidak dipublikasikan. Data yang didapatkan merupakan hasil penyelidikan yang dilakukan oleh pihak pertama yakni konsultan penyelidikan tanah, lalu data tersebut diinterpretasikan terlebih dahulu setelah itu diolah dan diperhitungkan untuk dilakukan analisis keseluruhan. Untuk pelaksanaan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir penelitian di bawah ini :

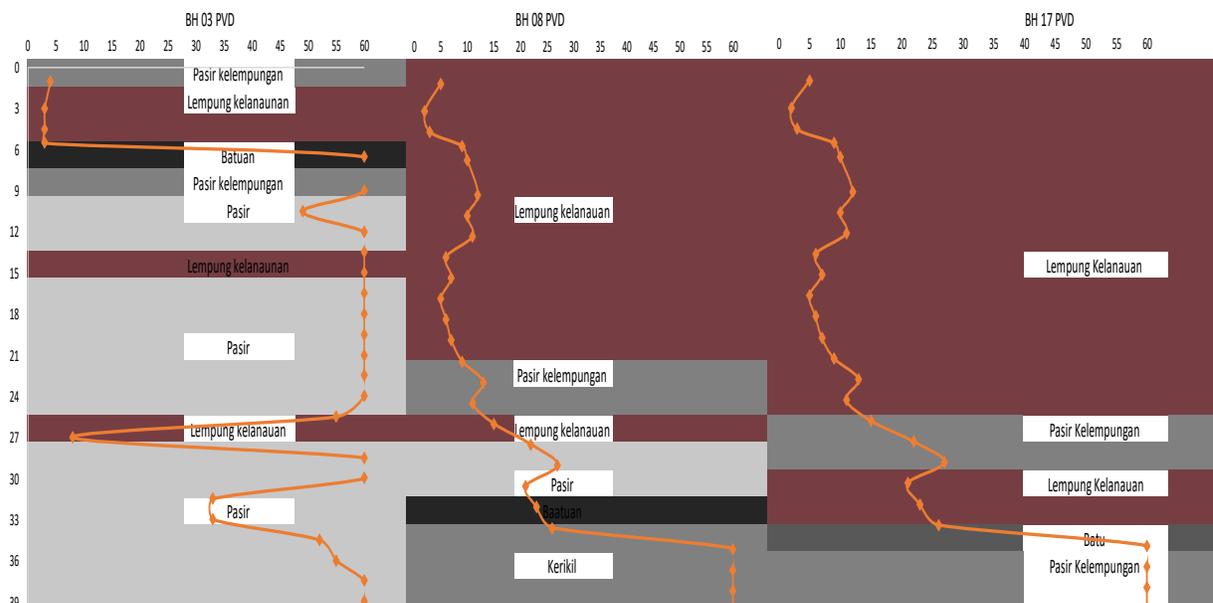




HASIL DAN PEMBAHASAN

Statigrafi tanah daerah penelitian

Berdasarkan **Gambar 1**, perlapisan tanah di setiap lubang bor memiliki perlapisan jenis tanah yang berbeda, dimana tanah didominasi oleh tanah lempung dan pasir.



Gambar 1 Statigrafi tanah BH03 PVD-BH17PVD

Berdasarkan **Gambar 1** BH17 PVD memiliki tanah yang berpotensi mengalami penurunan dibandingkan dengan kedua lubang bor lainnya. Hal tersebut ditunjukkan dengan rata-rata nilai SPT kurang dari 10 merupakan termasuk kedalam jenis tanah lempung hingga kedalaman tanah 24 m. Penurunan tanah terjadi pada tanah lempung dengan nilai SPT yang rendah, atau memiliki konsistensi lunak – sangat lunak dan memiliki nilai SPT >10, (Terzaghi & Peck, 1987).

Data penelitian

Tabel 1 Data parameter tanah BH 17PVD

DATA	DEPTH (m)				
	lapisan 1	Lapisan 2	lapisan 3	Lapisan 4	Lapisan 5
	1.00-1.50	5.50-6.0	10.00-10.5	15-20	20-24
Berat Volume					
γ_{sat} (t/m ³)	1.648	1.608	1.676	1.800	1.800
γ (t/m ³)	1.028	0.987	1.105	1.100	1.100
Void Ratio (e)	1.638	1.657	1.441	1.441	1.441
Atterberg Limits					
Liquid Limits (LL)	70.850	48.960	53.510	55	60
Plasticity Index (PI)	38.860	17.720	27.360	25.550	29.200
Consolidation					
C_v cm ² /s	0.0057	0.0052	0.0048	0.0011	0.0008
P_o (kg/cm ²)	2.570	7.700	23.890	16.380	57.670
P_c (kg/cm ²)	3.728	1.792	3.036	3.036	1.792
C_c	0.214	0.208	0.208	0.405	0.450
OCR	2.953	0.191	0.142	0.090	0.013
C_h	0.0086	0.0078	0.0072	0.0016	0.0013
Penetrasi					
N	3	10	8	6	10

Analisis penurunan tanah

1. Perencanaan pembebanan dan tinggi timbunan *preloading*

Berikut ini adalah perhitungan pembebanan untuk menentukan tinggi timbunan *preloading*:

a. Beban lalu lintas

Proyek jalan tol merupakan jalan nasional kelas 1, maka beban lalu lintas sebesar 1,5 t/m², (Panduan Geoteknik, 2002)

Tabel 2 Beban lalu lintas berdasarkan kelas jalan

Kelas Jalan	Beban Lalu lintas (t/m ²)
I	1,5
II	1,2
III	1,2

b. Beban perkerasan

Tabel 3 Hasil perhitungan beban perkerasan

Lapisan	Tebal perkerasan (m) (a)	γ (b)	W ton/m ² $c = a \times b$
Pelat beton	0,295	2,4	0,708
Lapis pondasi beton kurus	0.1	2.2	0,22

Analisis Potensi Penurunan Tanah dan Perencanaan Metode Perbaikan Tanah pada Proyek Kontruksi Jalan Tol

Lapis Pondasi Agregat kelas A	0.15	1.8	0,27	
W total (t/m ²)				1,198

c. Beban total

Berdasarkan komponen pembebanan antara beban lalu lintas dan perkerasan, maka dapat dihitung nilai tegangan total $\Delta\sigma_{total}$ tambahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{total} &= \Delta\sigma_{lalu\ lintas} + \Delta\sigma_{pekerasan} \\ &= 1,5 + 1,198 \\ &= 2,7 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

d. Tinggi timbunan *preloading*

$$\begin{aligned}H_{preloading} &= \frac{\Delta\sigma_{total}}{\gamma_{timbunan}} \\ &= \frac{2,698 \text{ t/m}^2}{1,7 \text{ t/m}^3} \\ &= 1,6 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Perhitungan penurunan tanah

a. Perhitungan tegangan efektif *overburden*

1) Contoh perhitungan pada lapisan pertama di kedalaman 0-5 m diatas muka air tanah, kedalaman titik tinjau ini adalah $z_1 = 0,5 \text{ m}$:

$$\begin{aligned}\sigma'_0 &= \gamma \times z \\ &= (1,028) \times 0,5 \\ &= 0,514 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

2) Contoh perhitungan pada lapisan ketiga dengan kisaran kedalaman 10 m -15 m, muka air tanah berada pada kedalaman 12,87 m, kedalaman titik tinjau $z_{13} = 13,5 \text{ m}$ berada di bawah muka air tanah, maka nilai berat isi tanah jenuh (γ_{sat}) perlu dikurangi dengan nilai gama air (γ_w) , berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}\sigma'_0 &= (\gamma \times H_1) + (\gamma \times H_2) + ((\gamma_{sat} - \gamma_w) \times Z) \\ &= (1,028 \times 5) + (0,987 \times 5) + ((1,676 - 1) \times 13,50) \\ &= 19,201 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

b. Perhitungan nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR)

Contoh perhitungan pada titik tinjau $z_1 = 0,5 \text{ m}$. Maka OCR dihitung berdasarkan persamaan berikut :

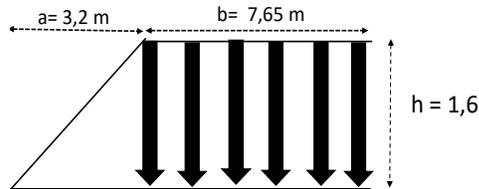
$$OCR = \frac{\sigma_{c'}}{\sigma'_0}$$

$$= \frac{3,728}{0,514}$$

$$= 7,253$$

c. Perhitungan beban tambahan dengan memperhitungkan distribusi tegangan ($\Delta\sigma$) dengan grafik faktor pengaruh Boussinesq (1957)

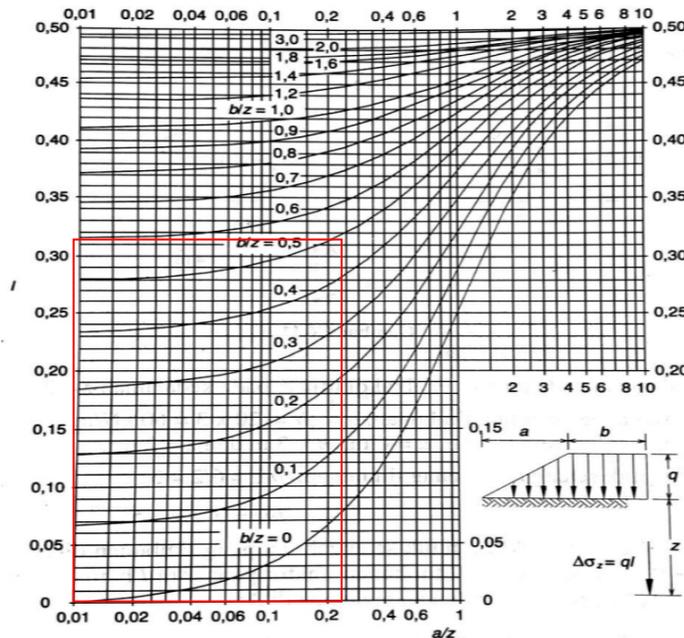
Menentukan nilai a yang ditentukan berdasarkan 2 x tinggi timbunan, nilai b ditentukan berdasarkan $\frac{1}{2}$ dari lebar perkerasan. Maka nilai a dan b tertera pada **Gambar 3**



Gambar 3 Embankment loading

Setelah mengetahui nilai a dan b , selanjutnya adalah mencari nilai nilai a/z dan b/z , dimana nilai tersebut dicari untuk posisi z_{13} . Posisi z_{13} berada pada lapisan ketiga yang berada pada kisaran kedalaman 10-15 m, dengan kedalaman $z_{13} = 13,5$ m.

$$a/z = \frac{3,2}{13,5} = 0,24$$



$$b/z = \frac{7,65}{13,5} = 0,57$$

Gambar 4 Grafik Faktor pengaruh Boussinesq (1957)

Berdasarkan **Gambar 4** garis yang dituangkan dalam grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai faktor pengaruh pada z_{13} adalah sebesar 0,319.

Setelah didapatkan nilai faktor pengaruh (I), maka perhitungan distribusi tegangan ($\Delta\sigma'$) pada titik tinjau $z_{13} = 13,5 \text{ m}$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}(\Delta\sigma_{13}) &= 2 \times I \times q \\ &= 2 \times 0,319 \times 2,7 \\ &= 1,72 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

d. Besar penurunan konsolidasi tanah satu dimensi

Perhitungan besar penurunan konsolidasi tanah, perhitungan berdasarkan rumus Terzhagi untuk *over consolidated*

$$\begin{aligned}S_c &= 0,059 \frac{1}{1+1,638} \log \frac{3,728}{0,514} + 0,214 \frac{1}{1+1,638} \log \frac{(0,514+2,70)}{3,728} \\ &= 0,128 \text{ m}\end{aligned}$$

Tabel 4 Total penurunan konsolidasi tanah

Lapisan	Kedalaman (m)	H (m)	Sc (m)
1	0-5	5	0.376
2	5-10	5	0.213
3	14-15	5	0.085
4	15-20	5	0.108
5	20-24	4	0.060
Total penurunan			0.841

3. Perhitungan lama waktu konsolidasi

Sebelum menghitung lama waktu konsolidasi perlu dihitung nilai *coeffisien of consolidation* (C_v) gabungan dari setiap lapisan tanah. Perhitungan C_v gabungan menggunakan persamaan oleh Terzhagi dan Peck :

$$\begin{aligned}C_v &= \frac{H1 + H2 + Hn}{\frac{H1}{\sqrt{Cv1}} + \frac{H2}{\sqrt{Cv2}} + \frac{Hn}{\sqrt{Cvn}}} \\ C_v &= \frac{24}{\frac{5}{\sqrt{0,0057}} + \frac{5}{\sqrt{0,0048}} + \frac{5}{\sqrt{0,0048}} + \frac{5}{\sqrt{0,0011}} + \frac{4}{\sqrt{0,0008}}} \\ &= 0,00232 \text{ cm}^2/\text{s} \\ &= 7,32 \text{ m}^2/\text{tahun}\end{aligned}$$

Untuk mencapai derajat konsolidasi (U) 90% nilai faktor konsolidasi (T_v) adalah 0,848. Jika panjang lintasan lapisan tanah 24 m, maka waktu mencapai konsolidasi 90% adalah :

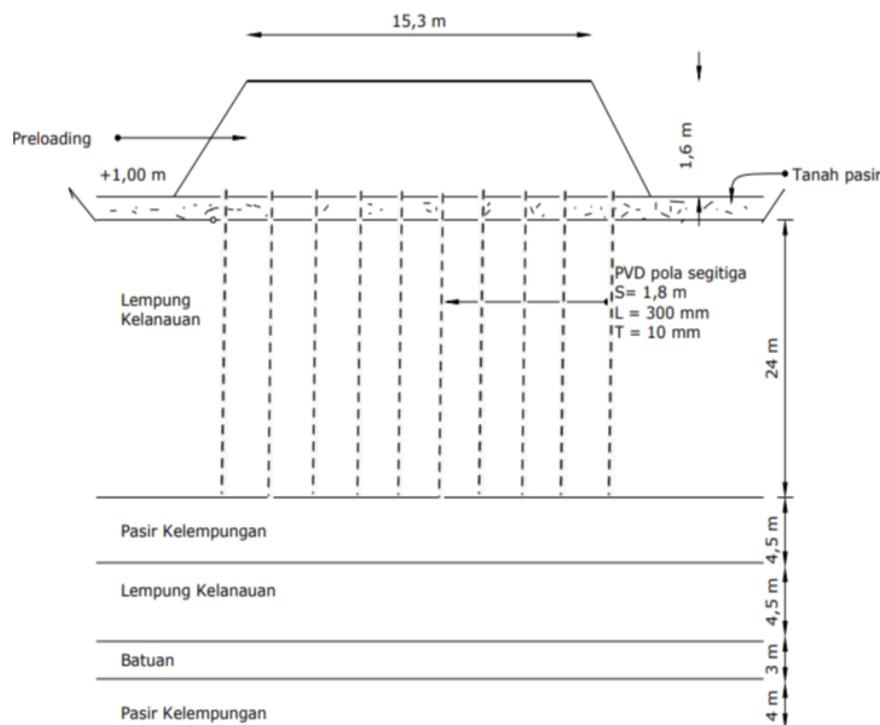
$$t = \frac{0,848 \times \left(\frac{24}{2}\right)^2}{7,32}$$
$$= 16,7 \text{ tahun}$$

Maka, waktu pemampatan yang akan dialami oleh lapisan tanah lempung lunak sedalam 24 m adalah 16,7 tahun.

Perencanaan perbaikan tanah metode *preloading* dengan PVD

1. Perencanaan pemasangan PVD

Pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2** bahwa nilai N-SPT < 10 hingga kedalaman 24 m. Menurut Terzhagi dan Peck (1967), N-SPT < 10 merupakan jenis tanah lunak, yang memerlukan perbaikan tanah karena pada penelitian ini penurunan tanah sedalam 0,841 m memerlukan waktu 16,7 tahun untuk mencapai penurunan 90%. Maka dari itu, penulis merencanakan perbaikan tanah dengan PVD yang akan dipasang pada BH17 sedalam 24 m . dengan variasi pola pemasangan konfigurasi segitiga maupun segiempat dan variasi jarak. Jarak yang akan diperhitungkan yakni 1,5 m dan 1,8.



Gambar 5 Sketsa pemasangan PVD pada BH17 PVD

4. Perhitungan pemasangan PVD

Dalam metode perbaikan menggunakan PVD, perlu memperhitungkan derajat konsolidasi pada setiap pola konfigurasi, dengan begitu penulis akan memberikan beberapa contoh

perhitungan derajat konsolidasi pada pola konfigurasi PVD segitiga dan segiempat menggunakan persamaan Barron (1948) dan Hansbo (1979), perbedaan untuk pola konfigurasi segitiga dan segiempat adalah pada diameter pengaruh ekivalen dimana pada pola segitiga $D = 1,05 \times s$, sedangkan pada pola segiempat $D = 1,13 \times s$. Berikut contoh salah satu contoh perhitungan yang penulis berikan adalah pada jarak 1,5 m. Contoh perhitungan berdasarkan derajat konsolidasi yang akan dicari adalah pada $(t) =$ hari ke 90 yakni 3 bulan

a) Perhitungan pada pola konfigurasi segitiga

1) Diameter pengaruh ekivalen

$$\begin{aligned} D &= 1,05 \times 1,5 \\ &= 1,575 \text{ m} \end{aligned}$$

2) Diameter PVD

$$\begin{aligned} D_w &= 2 \times \frac{(0,1 + 0,003)}{3,14} \\ &= 0,0656 \text{ m} \end{aligned}$$

3) Faktor hambatan akibat jarak antara titik PVD

$$\begin{aligned} F_n &= \ln\left(\frac{1,575}{0,0656}\right) - \left(\frac{3}{4}\right) \\ &= 2,43 \end{aligned}$$

4) Derajat konsolidasi vertikal (U_v)

90 hari : 0,25 tahun, maka T_v :

$$\begin{aligned} T_v &= \frac{0,25 \times 7,32}{24^2} \\ &= 0,00317 \end{aligned}$$

Maka nilai derajat konsolidasi vertikal dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned} U_v &= 2 \times \sqrt{\frac{0,00317}{3,14}} \times 100\% \\ &= 0,064\% \end{aligned}$$

5) Derajat Konsolidasi Horizontal

Untuk menghitung derajat konsolidasi horizontal (U_h) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} U_h &= [1 - \exp(-x)]100\% \\ x &= \frac{8 \times 10,97 \times 0,25}{1,575^2 \times 2,43} \\ &= 3,643 \end{aligned}$$

Maka nilai U_h adalah sebagai berikut :

$$U_h = [1 - \exp(-3,643)]100\%$$

$$= 97,38\%$$

6) Derajat Konsolidasi rata rata

Nilai derajat konsolidasi rata-rata dihitung berdasarkan nilai derajat konsolidasi vertikal dan horizontal, sebagaimana di perhitungkan dibawah ini :

$$U_{av} = [1 - (1 - 97,38) \times (1 - 0,064)] \times 100\% \\ = 97,38\%$$

b) Perhitungan pola konfigurasi segiempat

1) Diameter pengaruh ekivalen

$$D = 1,13 \times 1,5 \\ = 1,7 \text{ m}$$

2) Diameter PVD

$$D_w = \frac{(0,1+0,003)}{2} \\ = 0,0515 \text{ m}$$

3) Faktor Hambatan akibat jarak antara titik PVD

$$Fn = \left(\ln \left(\frac{1,7}{0,0515} \right) - \left(\frac{3}{4} \right) \right) \\ = 2,744$$

4) Derajat Konsolidasi Vertikal (U_v)

90 hari : 0,25 tahun, maka T_v :

$$T_v = \frac{0,25 \times 7,32}{24^2} \\ = 0,00317$$

Maka nilai derajat konsolidasi vertikal dihitung dengan persamaan

$$U_v = 2 \times \sqrt{\frac{0,00317}{3,14}} \times 100\% \\ = 0,064\%$$

5) Derajat Konsolidasi Horizontal

Untuk menghitung Derajat konsolidasi horizontal (U_h) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$U_h = [1 - \exp(-x)]100\% \\ x = \frac{8 \times 10,97 \times 0,25}{1,7^2 \times 2,744} \\ = 2,784$$

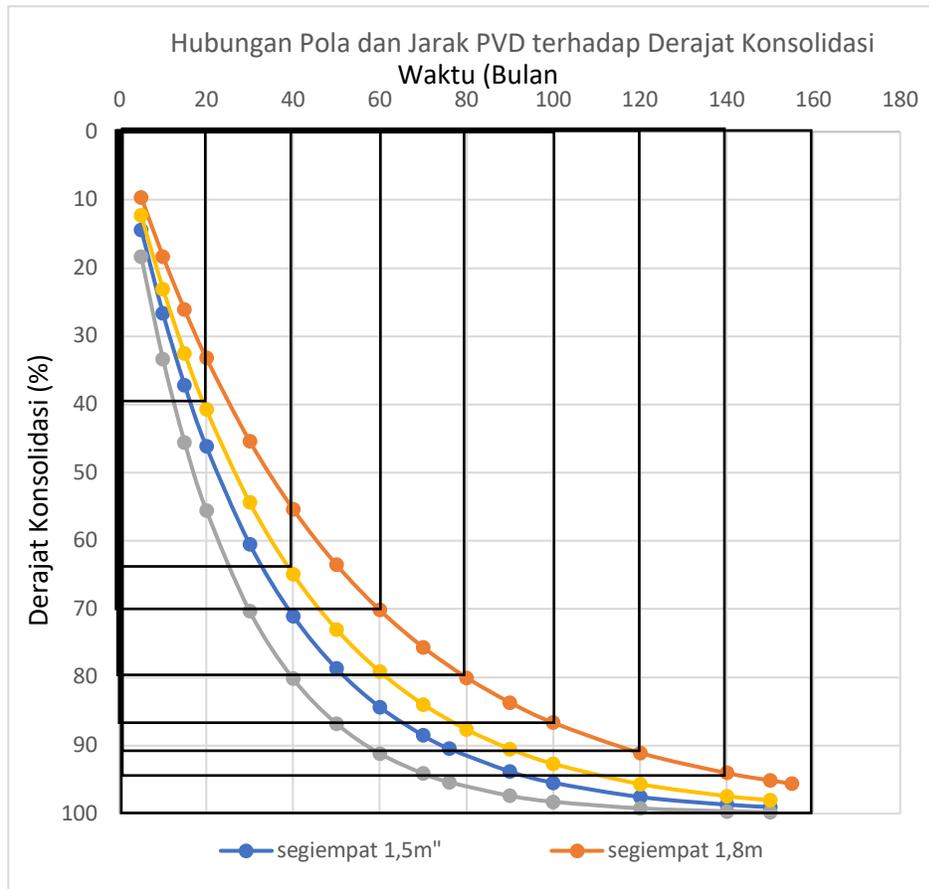
Maka nilai U_h adalah sebagai berikut :

$$U_h = [1 - \exp(-2,784)]100\% = 93,82\%$$

6) Derajat Konsolidasi rata rata

Nilai derajat konsolidasi rata-rata dihitung berdasarkan nilai derajat konsolidasi vertikal dan horizontal, sebagaimana di perhitungkan dibawah ini :

$$U_{av} = [1 - (1 - 93,82) \times (1 - 2,784)] \times 100\% = 93,82\%$$



Gambar 6 Grafik hubungan pola dan jarak PVD

Berdasarkan **Gambar 6** perencanaan pola konfigurasi dan jarak antar PVD sangat mempengaruhi waktu untuk mencapai derajat konsolidasi 90%. Pada pola konfigurasi segitiga jarak 1,5 m membutuhkan waktu >3 bulan yakni pada hari ke 60, sedangkan untuk jarak 1,8 m dengan pola yang sama membutuhkan waktu yang pas 3 bulan yakni 90 hari, jarak ini sesuai dengan rencana pelaksanaan perbaikan tanah. Namun untuk pola konfigurasi persegi dengan jarak 1,5 membutuhkan waktu kurang dari 3 bulan tepatnya pada hari ke 76 penurunan telah mencapai derajat konsolidasi. Sedangkan untuk jarak 1,8 m membutuhkan waktu < 3 bulan yakni 120 hari

kerja untuk mencapai derajat konsolidasi 90%. Dapat disimpulkan bahwa pola konfigurasi segitiga memiliki percepatan waktu konsolidasi yang lebih cepat dibandingkan pola persegi, hal ini dapat dipengaruhi karena diameter ekuivalen pola segitiga lebih luas dibandingkan dengan pola segiempat. Bila ditinjau Kembali pola konfigurasi bukanlah salah satu penyebab dari percepatan penurunan, namun jarak antar PVD juga memiliki pengaruh yang lebih signifikan dalam mempercepat waktu penurunan konsolidasi. Maka pada penelitian ini PVD yang akan digunakan adalah pola konfigurasi segitiga dengan jarak 1,8 m, hal ini berdasarkan lama waktu penurunan konsolidasi sesuai dengan rencana pelaksanaan perbaikan tanah yakni 3 bulan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada proyek kontruksi jalan tol di Kabupaten Semarang, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Lapisan tanah pada titik BH17 PVD kedalaman tanah lunak mencapai 24 m, hal ini ditunjukkan dengan nilai $N-SPT < 10$.
2. Besar penurunan tanah satu dimensi akibat beban perkerasan dan lalu lintas sebesar $2,7 \text{ t/m}^2$ yang dikonversi terhadap tinggi timbunan konvensional setinggi 1,6 m adalah 0,8441 m dan lama waktu konsolidasi alami adalah 7,91 tahun.
3. Berdasarkan perencanaan metode *preloading* setinggi 1,6 m, pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) ukuran 100 mm x 30 mm dapat mempercepat waktu pemampatan menjadi beberapa bulan saja, dimana dengan pola konfigurasi segitiga jarak 1,5 m PVD dapat mempercepat waktu menjadi 60 hari, untuk jarak 1,8 m menjadi 90 hari. Sedangkan untuk pola konfigurasi segiempat pada jarak 1,5 m PVD dapat mempercepat pemampatan menjadi 76 hari, namun untuk jarak 1,8 PVD membutuhkan waktu 120 hari.
4. Berdasarkan hasil perencanaan, dan target perbaikan tanah selama 90 hari, maka pemasangan PVD pada lokasi penelitian adalah PVD pola konfigurasi segitiga jarak 1,8 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, Z., & Fitriyana, L. (2022). Studi Kasus Perbaikan Tanah Lunak Pada Proyek Tol Semarang – Demak (STA 20 + 300 – STA 20 + 500). *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*.
- Aspar, A. N. W, & Fitriani, E. N., (2016). PENGARUH JARAK DAN POLA PREFABRICATED VERTICAL DRAIN(PVD) PADA PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK.
- Coduto, D. P., Kitch, W. A., & Yeung, M. R. (2016). *Foundation Design Principles and Practices Third Edition*. In *Pearson Education*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). Pedoman Kimpraswil No: Pt T-10-2002-B ; Panduan Geoteknik 4 Desain dan Konstruksi. *Edisi Pertama Bahasa Indonesia*, 40–55.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *No. 02/M/BM/2017-Manual Desain Perkerasan Jalan. 02*.
- Ilmiah, J., & Sipil, R. (2023). *Penerapan Soil Preloading , PVD , dan PHD untuk Analisis Penurunan Konsolidasi Tanah*. 20(2), 5–10.

Analisis Potensi Penurunan Tanah dan Perencanaan Metode Perbaikan Tanah pada Proyek Kontruksi Jalan Tol

- Puspita, N., & Capri, A. (2017). Analisa Penurunan Tanah Lunak Dengan Beberapa Metode Konsolidasi Pada Proyek Jalan Tol Paliandra. *Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 6, 17-24.
- Susiazti, H., Widiastuti, M., Widyati, R., & Widayati, R. (2020). Analisis Penurunan Konsolidasi Metode Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain (Pvd). *JURNAL TEKNOLOGI SIPIL Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Sipil*, 4, 1–8.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1987). Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa. *Penerbit Erlangga*, 2, 1–373.
- Thang Ngoc Nguyen, Tuan Anh Nguyen , Nhan Tri Vo Tran. (2013). *Combined prefabrication vertical drain (PVD) with variable preloading and vacuuming method to improve soft ground in the Mekong Delta. International Journal Of Scientific Research In Science, Engineering And Technology*, 10(3), 455-463.
- Yapriadi, Michael Christoper., Sumarli, Inda., Iskandar, Ali., **VALUASI SETTLEMENT MENGGUNAKAN SURCHARGE PRELOADING DENGAN PVD PADA PROYEK DI BANDUNG SELATAN.** (2020). *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(3), 911-922.
-



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License