

# Analisis Waktu Penurunan pada Konsolidasi Tanah Menggunakan Kombinasi Metode *Preloading* dan *Prefabricated Vertical Drains*(PVD) pada Pekerjaan Perbaikan Tanah

Yayu Sriwahyuni Hamzah

Teknik Sipil, Universitas Sunan Giri Surabaya

Jalan Brigjen Katamso II, Waru-Sidoarjo

E-mail: [yayu.sriwhy@gmail.com](mailto:yayu.sriwhy@gmail.com)

**Abstrak** — Sifat kompreibilitas yang tinggi dari tanah umumnya adalah permeabilitas yang rendah dan daya dukung yang rendah. Kondisi tersebut merupakan kondisi yang tidak baik jika digunakan sebagai tanah dasar untuk sebuah konstruksi di atasnya. Konstruksi akan rusak karena adanya penurunan tanah yang terjadi. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu perbaikan tanah guna untuk mempercepat konsolidasi pada tanah lempung dengan cara menggunakan metode *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drains* (PVD). Pada penelitian proyek jalan tol Krian–Legundi–Bunder–Manyar (STA. 3+985, di gunakan metode kuantitatif guna menganalisa terkait waktu penurunan pada konsolidasi tanah. Dari hasil analisa diperoleh bahwa waktu penurunan pada konsolidasi tanah dengan menggunakan kombinasi metode *Preloading* dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) pada pekerjaan perbaikan tanah maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut bahwa penurunan yang terjadi pada tanah yang tidak menggunakan PVD sangat lama dapat mencapai penurunan secara maksimal diperlukan waktu 96,743 tahun. Untuk waktu penurunan pada konsolidasi dengan menggunakan *Fabrication Vertical Drain* (PVD) yaitu sebesar 0,0931% per minggu, dengan daya kerja PVD secara maksimal yaitu hanya sampai 24 minggu jadi total penurunan yang terjadi keseluruhan mencapai 2,2344.

**Kata-kata kunci:** konsolidasi; *preloading*; PVD; penurunan tanah.

**Abstract** — This soil generally has high compressibility, low permeability and low bearing capacity. This condition is a condition that is not good if it is used as basic soil for construction above it. Construction will be damaged due to land subsidence that occurs. To overcome this, soil improvement is needed to accelerate consolidation in clay soil by using the *preloading* method combined with *Prefabricated Vertical Drains* (PVD). In the research on the Krian–Legundi–Bunder–Manyar toll road project (STA. 3+985), quantitative methods were used to analyze the settlement time for soil consolidation. From the results of the analysis it was found that the settlement time for soil consolidation was using a combination of *Preloading* and *Prefabricated Vertical* methods. *Drain* (PVD) in land improvement work can be concluded as follows: the settlement that occurs in soil that does not use PVD takes a very long time to reach the maximum settlement, it takes 96.743 years. For the settlement time for consolidation using *Fabrication Vertical Drain* (PVD), namely amounting to 0.0931% per week, with maximum PVD working capacity of only up to 24 weeks so the total reduction that occurred reached 2.2344.

**Keywords:** consolidation; *preloading*; PVD; settlement.

## I. PENDAHULUAN

Dalam proses perencanaan konstruksi di bidang teknik sipil, persoalan geoteknik merupakan salah satu objek yang penting. Salah satu permasalahan geoteknik adalah daya dukung tanah yang merupakan pondasi dari suatu konstruksi. Setiap konstruksi direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki beban tertentu dan pada elevasi tertentu yang terkadang tidak dapat dilayani oleh kondisi tanah eksisting karena karakteristik tanah yang lunak. Tanah lunak memiliki karakteristik tanah yang buruk (Chairullah, 2011). Tanah ini umumnya memiliki sifat kompreibilitas yang tinggi,

permeabilitas yang rendah dan daya dukung yang rendah.

Kondisi tersebut merupakan kondisi yang tidak baik jika digunakan sebagai tanah dasar untuk sebuah konstruksi di atasnya. Konstruksi akan rusak karena adanya penurunan tanah yang terjadi. Jika penurunan yang terjadi bersifat setempat akan menyebabkan hal yang fatal. Untuk mengatasi hal ini maka perlu dilakukan perbaikan pada tanah lunak yang akan digunakan sebagai pondasi suatu konstruksi. Salah satu cara yang terbaik adalah mengganti tanah dasar tersebut dengan jenis tanah yang

cukup baik, namun hal ini membutuhkan biaya yang cukup besar.

Perbaikan tanah (*soil improvement*) adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan/atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan menggunakan bahan *additive* (kimiawi), pencampuran tanah (*re-gradation*), pengeringan tanah (*dewatering*) atau melalui penyaluran energi statis/dinamis ke dalam lapisan tanah (fisik) (Darwis, 2017). Tujuan perbaikan tanah adalah untuk mendapatkan nilai daya dukung atau stabilitas tanah yang diinginkan. Menurut (Lambe, 1962) dalam (Darwis, 2017), mendefinisikan stabilisasi tanah sebagai perubahan dari setiap properti tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya.

Perbaikan tanah guna untuk mempercepat konsolidasi pada tanah lempung atau tanah lunak adalah dengan menggunakan metode *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drains* dan selanjutnya akan disebut *preloading-PVD*.

PVD (*Prefabricate Vertical Drain*) merupakan perkembangan sistem *drainase vertikal*. PVD dipasang untuk mengalirkan air yang terdisipasi akibat proses konsolidasi. PVD mengalirkan air secara vertikal keatas lalu menuju *drainase* horizontal. Keuntungan menggunakan metode kombinasi *preloading-PVD* adalah penggunaan *preloading* atau pemberian beban awal dilakukan dengan cara memberikan beban yaitu berupa timbunan sehingga menyebabkan tanah lunak dibawahnya akan terkonsolidasi sebelum konstruksi didirikan.

Metode pembebanan awal (*preloading*) dan drainase vertikal adalah salah satu metode yang populer yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan geser tanah lunak. Pembebanan awal dilakukan dengan tujuan mengkonsolidasi lapisan tanah lunak dengan besar pembebanan yang sama atau lebih daripada beban yang akan dipikul oleh tanah baik saat maupun setelah konstruksi. Sedangkan *drainase* vertikal dapat mempercepat proses konsolidasi. Dalam perencanaan perbaikan tanah dibutuhkan analisis waktu konsolidasi, sehingga dapat diperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk proses tersebut. Proyek Jalan Tol Krian–Legundi–Bunder–Manyar (STA. 3+985) merupakan salah satu proyek yang menggunakan perbaikan tanah dengan metode *preloading* dan PVD.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Konsolidasi dan Penurunan Tanah

Apabila bangunan didirikan di atas tanah, maka beban bangunan akan disebarkan ke dalam tanah dengan pola penyebaran tertentu atau kira-kira dua kali lebar bangunan. Tanah yang menerima beban tersebut akan mengalami pemampatan (pengurangan volume), karena udara dan air yang ada dalam ruang pori terdesak keluar (*consolidation*), sehingga bangunan akan mengalami penurunan (*settlement*).

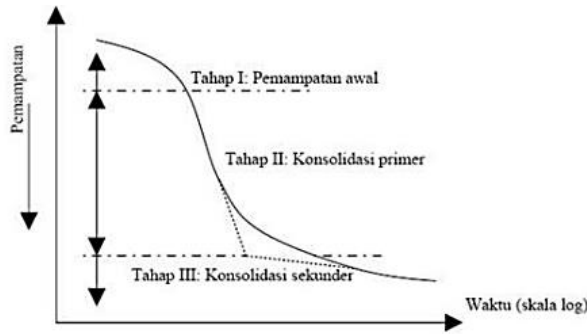
Konsolidasi sendiri merupakan proses berkurangnya volume rongga pori dari dalam tanah akibat adanya proses pengeluaran air dan udara. Sedangkan penurunan yang dimaksud adalah penurunan di mana tekanan pondasi belum melampaui daya dukung "*ultimate*". Apabila daya dukung "*ultimate*" dilampaui, berarti perlawanan terhadap geseran tanah tidak mampu lagi menahan tekanan pondasi, sehingga dapat terjadi penurunan yang mendadak dengan disertai kerusakan tanah.

Bangunan yang didirikan di atas lapisan tanah lempung, lumpur, atau lempung lumpur dengan tebal sekitar dua kali lebar bangunan, maka perlu dipelajari kemungkinan penurunannya, sehingga tidak membahayakan. Yang perlu dipelajari, antara lain besarnya penurunan / *settlement* (S) dan kecepatan proses penurunan (t). Waktu konsolidasi selain dipengaruhi oleh berat bangunan yang ada di atasnya, juga dipengaruhi oleh berat sendiri tanah (misalnya pada tanah urugan baru pada tanggul).

(Surendro, B., 2014)

Umumnya proses konsolidasi dilakukan dengan cara pembebanan yang bersifat sementara (*preloading*) dan dikombinasikan dengan metode lain seperti sistem *drainase* air tanah yaitu dengan pemasangan *prefabricated vertical drain* yang bertujuan untuk mempercepat waktu konsolidasi.

Proses ini akan mengakibatkan terjadinya penurunan karena terjadi pemampatan pada lapisan tanah. Penurunan tanah terdiri dari 3 tahapan, yaitu pemampatan awal, konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder.



Gambar 1. Grafik hubungan antara Penurunan dan waktu penurunan.  
Sumber: Das, 1995

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_o} H \log \frac{P_o' + \Delta p}{P_o'}$$

$$S_c = \frac{C_s}{1 + e_o} H \log \frac{P_c' + \frac{C_c}{1 + e_o} H \log \frac{P_o' + \Delta p}{P_o'}}{P_o'}$$

Dimana:

- Sc = Penurunan Konsolidasi/Primer
- Cc = Indeks Pemampatan
- Cs = Indeks Pemuai/Mengembang
- eo = Angka Pori
- H = Tebal Lapisan Tanah
- Pc' = Tekanan Prakonsolidasi
- Po' = Tekanan Overburden Efektif
- Δp = Distribusi Tekanan

Sebagian besar penurunan terjadi saat tahap konsolidasi primer. Ada 2 jenis konsolidasi pada tahap konsolidasi primer, yaitu:

- a) **Konsolidasi Normal (*Normally Consolidated*)**  
Tanah dikatakan terkonsolidasi secara normal dimana tekanan *overburden* efektif pada saat ini adalah tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu (tanah tidak pernah mengalami tekanan yang lebih besar dari tekanan pada waktu sekarang).
- b) **Konsolidasi Berlebih (*Over Consolidated*)**  
Tanah dikatakan terkonsolidasi secara berlebih dimana tekanan *overburden* efektif pada saat ini lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya (*preconsolidation pressure*).

Terdapat 2 jenis konsolidasi diatas tergantung dari nilai *Over Consolidation Ratio* (OCR) yang didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$OCR = \frac{P_c'}{P_o'}$$

$$P_c' = P_o' + h_{fluktuasi} \times \gamma_w$$

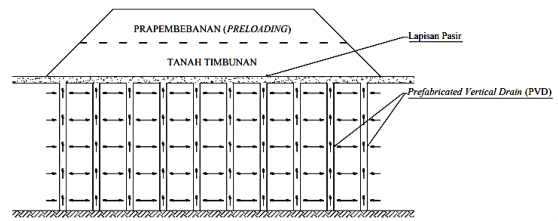
Dimana:

- Pc' = Tekanan Prakonsolidasi
- Po' = Tekanan *Overburden* Efektif
- h<sub>fluktuasi</sub> = Perubahan tinggi muka air
- γ<sub>w</sub> = Berat Volume Air
- NC-Soil mempunyai angka OCR=1 dan OC-Soil mempunyai angka OCR>1

Berdasarkan teori Terzaghi dalam Braja M. Das (1995: 194-195), tentang konsolidasi satu dimensi, penurunan konsolidasi untuk konsolidasi *normally consolidated* dan *over consolidated* dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut:

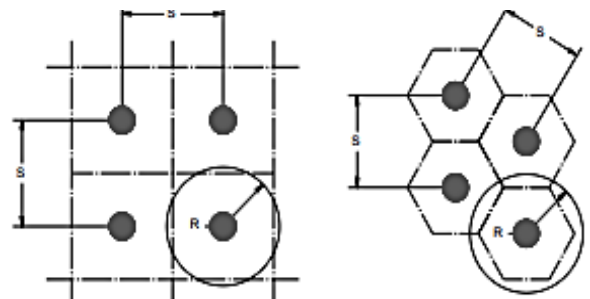
### 2.2 Prefabricated Vertical Drain (PVD)

PVD merupakan salah satu metode perbaikan tanah dengan cara mengalirkan air ke permukaan tanah (drainase air tanah) dengan tujuan mempercepat waktu konsolidasi (*time of consolidation settlement*).



Gambar 2. Struktur drainase vertikal preloading + PVD  
Sumber: Hardiyatmo, 2010

Pola Pemasangan *Prefabricated Vertical Drainz* (PVD) terdiri dari 2 macam, yaitu pola segi empat dan pola segitiga.



Gambar3. Pola Pemasangan PVD  
(Sumber: Hary Christady Hardiyatmo, 2010)

Penurunan pada tanah asli akibat beban timbunan dapat dihitung berdasarkan rumus konsolidasi satu dimensi Terzaghi (1943). Khusus untuk perhitungan kecepatan waktu konsolidasi menurut Terzaghi (1943) dalam

(Braja M. Das, 1995:206) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana:

- t = waktu konsolidasi
- H<sub>dr</sub> = jarak air pori (m)
- T<sub>v</sub> = faktor waktu

Tabel 1. Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi (Braja M Das, 1995)

Derajat Konsolidasi (U%)	Faktor Waktu (Tv)
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,287
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	∞

Untuk waktu penurunan tanah dengan menggunakan PVD dapat dihitung dengan metode Hansbo (1981) dalam (Pasaribu, 2012) sebagai berikut:

- Faktor waktu vertikal

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H_{d^2}}$$

Dimana:

- T<sub>v</sub> = faktor waktu vertikal
- C<sub>v</sub> = koefisien konsolidasi vertikal (m<sup>2</sup>/tahun)
- t = waktu ke-n (hari)
- H<sub>d</sub> = jarak air pori (m)

- Faktor waktu horisontal

$$T_h = \frac{C_h \cdot t}{d^2}$$

Dimana:

- T<sub>h</sub> = faktor waktu horisontal
- C<sub>h</sub> = koefisien konsolidasi horisontal (m<sup>2</sup>/tahun)
- t = waktu ke-n (hari)
- d = diameter jangkauan (m)

- Besar penurunan (SC) pada waktu ke-n

$$S_c = U \cdot S_{ult}$$

Dimana:

- U = derajat konsolidasi (%)
- S<sub>ult</sub> = penurunan total (*ultimate*)

Adapun cara lain untuk menghitung waktu konsolidasi dengan menggunakan PVD dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

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

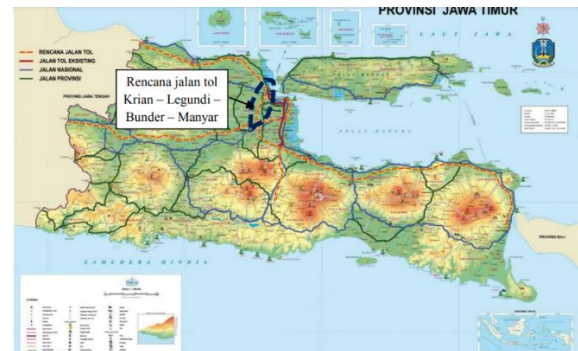
### III. METODE

Jenis penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Untuk teknik pengumpulan data dapat diperoleh langsung dari pengujian lapangan (*in situ test*) dan data laboratorium (*laboratory test*), gambar kerja dan spesifikasi material timbunan dan PVD yang digunakan pada proyek tersebut.

Lokasi penelitian terletak pada proyek Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder - Manyar (STA. 3+98z). Yang mana jalan tol ini merupakan jalan alternatif penghubung antara Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Gresik di Propinsi Jawa Timur.

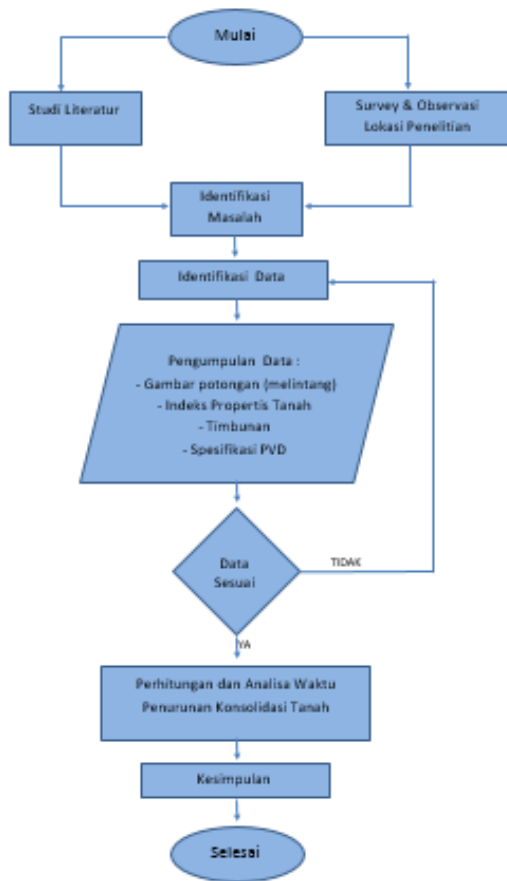


Gambar 4. Lokasi penelitian



Gambar 5. Lokasi Jalan Tol Krian–Legundi–Bunder–Manyar (KLBM)

Adapun beberapa data yang diperlukan dalam perhitungan waktu penurunan PVD diantaranya adalah terkait data – data indeks propertis tanah seperti data jenis tanah, kedalaman (H), berat kering tanah (γ<sub>d</sub>), komposisi tanah, porositas (n), kadar air (W<sub>c</sub>), *spesifik grafiti* (GS), rasio air pori (e), C<sub>u</sub>, indeks plastisitas (IP), *liquid limit* (LL). Untuk selanjutnya akan dianalisis data – data terkait parameter teknis tanah lainnya seperti nilai berat tanah jenuh air (γ<sub>sat</sub>), C<sub>c</sub>, C<sub>s</sub>, C<sub>v</sub>, dan C<sub>h</sub>.



Gambar 6. Alur penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari data tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data borlog dan data hasil indeks properti tanah dari uji laboratorium. Data yang dihasilkan merupakan Hasil dari penyelidikan pengeboran Tanah pada titik lokasi BR – STA 3 + 985 dengan Titik Koordinat X= 9183930 Y= 66930.

Tabel 2. Hasil analisa tanah dasar

No	H	Z	N-SPT	Jenis	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	eo
1	0	0					
2	1	1	2	Lanau lempung		1,85	0,9
3	1	2	2	Lanau lempung	1,276	1,85	0,9
4	1	3	2	Lanau lempung	1,276	1,85	0,9
5	1	4	4	Lanau lempung	1,252	1,85	1,04
6	1	5	4	Lanau lempung	1,252	1,85	1,04
7	1	6	6	Lanau lempung	1,247	1,85	1,02
8	1	7	6	Lanau lempung	1,247	1,85	1,02
9	1	8	9	Lanau lempung	1,226	1,86	0,96
10	1	9	9	Lanau lempung	1,226	1,86	0,96

Tabel 3. Data compressible soil

No	H	Z	Cc	Cs	Cv
1	0	0			
2	1	1	0,57	0,073	0,000027
3	1	2	0,57	0,073	0,000027
4	1	3	0,57	0,073	0,000027
5	1	4	0,59	0,075	0,000025
6	1	5	0,59	0,075	0,000025
7	1	6	0,61	0,077	0,000025
8	1	7	0,61	0,077	0,000023
9	1	8	0,60	0,079	0,000023
10	1	9	0,60	0,079	0,000023

Untuk tanah timbunan memiliki  $\gamma_{sat} = 1,85 \text{ t/m}^2$ , dengan rencana tinggi 8.945 m, lebar bagian atas 36.100 m dan lebar bagian bawah 65.256 m dengan kemiringan 1 : 2.

Spesifikasi PVD ini diambil dari spesifikasi yang digunakan pada tempat penelitian pemasangan PVD dilapangan yaitu dari suatu produk *prefabricated vertical drains* (PVD) CeTeau Drain CT-D822. Spesifikasi materialnya antara lain sebagai berikut: Kapasitas pengaliran 75 g/m, lebar (a) 100 mm, lebar (b) 5 mm, jarak antara PVD 1 m dan panjang kedalaman PVD 9 m. Pemasangan PVD menggunakan pola segi empat.

Agar mengetahui besar perhitungan pemampatan maka harus dihitung beban yang berada diatas timbunan. Apabila beban yang dimaksud adalah beban timbunan yang memiliki ketinggian bervariasi, maka beban yang digunakan adalah ketika kemungkinan besar sudah mengalami penurunan konsolidasi total. Sehingga tanah yang diberikan beban etimasi akan mengalami tegangan yaitu; tegangan yang dihasilkan tanah asli disebut tegangan overburden ( $po'$ ), tegangan besar terjadi pada tanah diwaktu lampau adalah tegangan prakonsolidasi ( $pc'$ ) serta distribusi tegangan ( $\Delta\sigma$ ) yaitu tegangan diakibatkan beban yang bekerja pada tanah.

Pada penelitian ini adalah tegangan prakonsolidasi bisa didapatkan dengan penambahan tegangan overburden ( $po'$ ) dengan fluktuasi muka air tinggi 2,5 meter. perhitungan nilai tegangan tanah ditinjau dari pada tiap kedalaman pada interval ( $\gamma w$ ) 1 meter.

Pada proses konsolidasi tanah biasanya sangat membutuhkan waktu yang cukup lama. Dikarenakan tanah lunak yang sulit untuk dipadatkan karna beberapa faktor termasuk dari nilai Koefisien Konsolidasi ( $Cv$ ) yang terdapat pada setiap lapisan tanah yang berbeda. Untuk perencanaan waktu dibutuhkan ( $Cv$ ) gabungan untuk pengganti dari pada seluruh lapisan pada tanah.

$$Cv_{gabungan} = \frac{(\sum H)^2}{(\sum \frac{H}{\sqrt{Cv}})^2}$$

$$= \frac{81}{\left(\sum \frac{H}{\sqrt{Cv}}\right)^2}$$

$$= \frac{81}{\left(\sum \frac{H}{\sqrt{0,00027+0,00027+0,00025+0,00025+0,00025+0,00023+0,00023}}\right)^2}$$

$$= \frac{81}{36,000}$$

$$Cv_{gabungan} = 0,000225 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$Cv_{gabungan} Uv \text{ 90 \%} = 0,710 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

Agar mengetahui perhitungan konsolidasi lama waktu pemampatan  $Cv_{gabungan} Uv \text{ 90 \%}$  adalah sebagai berikut:

$$Tv = \frac{t \times Cv}{Hd^2}$$

$$= \frac{1 \times 0,0151}{9^2} = \frac{1 \times 0,0151}{81} = 0,0001864$$

$$Uv = \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,0001864}{3,14}} = 0,0154$$

$$t = \frac{Tv \cdot (H)^2}{Cv}$$

$$t = \frac{0,848 \cdot (9)^2}{0,710}$$

$$t = 96,743 \text{ tahun}$$

$$Dw = \frac{2(a+b)}{\pi}$$

$$Dw = \frac{2(10+0,5)}{\pi} = \frac{2,10,5}{3,14} = 6,6878$$

$$S = 1 \text{ m}$$

$$D = 1,13 \cdot S = 1,13 \times 1 \times 100 = 113 \text{ cm}$$

$$n = \frac{D}{Dw} = n = \frac{113}{6,6878} = 16,896$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2}\right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2}\right) \right]$$

$$= \left(\frac{16,896^2}{16,896^2 - 1^2}\right) \left[ \ln(16,896) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4 \cdot 16,896^2}\right) \right]$$

$$= 2,0834$$

Diketahui perhitungan untuk mencapai derajat konsolidasi mencapai 90% membutuhkan waktu yang sangat lama yaitu hingga lebih dari 96,743 tahun.

Sehingga sangat diperlukan metode untuk mempercepat penurunan tanah pada tanah yang

sangat banyak mengandung air yaitu dengan menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).

Perhitungan Penurunan dan waktu konsolidasi pada Tanah menggunakan PVD yang dilakukan pada pekerjaan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (KLBM) pola segi Empat dengan Jarak 1 m yang efektif dalam pekerjaan mempercepat waktu konsolidasi.

Untuk mendapatkan nilai  $Uv$ , terlebih dahulu harus mencari nilai  $Tv$ . Selanjutnya untuk mengetahui nilai  $Uv$  maka di cari dengan Rumus berikut :

Pada Minggu ke - 1 ( $t = 1$ ) dengan  $S = 1 \text{ m}$   
 $Hd = 9 \text{ m}$

$$Cv = 0,00025 \text{ cm}^2/\text{s} = 0,0151 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$CV = 0,00025$$

$$Ch = 3 \cdot Cv = 0,0453 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Tabel 4. Perhitungan faktor hambatan PVD untuk pemasangan PVD pola segiempat dari hasil analisis perhitungan.

S (m)	D (cm)	a (cm)	b (cm)	Dw (cm)	N	F (n)
1	113	10	0,5	6,6878	16,896	2,0834

Perhitungan untuk mendapatkan nilai  $Uh$  adalah sebagai berikut:

$$Ch = 3 \times Cv = 0,0453 \text{ m}^2/\text{minggu}.$$

$$\text{Tebal PVD (a)} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar PVD (b)} = 0,5 \text{ cm}$$

$$U_h = 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left[ \frac{t \times 9 \times Ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right]}} \right]$$

$$U_h = 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left[ \frac{1 \times 8 \times 0,0543}{1,13^2 \times 2 \times 2,0658} \right]}} \right] = 0,0790$$

Setelah mendapatkan nilai  $Uv$  dan  $Uh$ , maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $U$  total dengan menghitung total seluruhnya sebagai berikut:

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h) \cdot (1 - \bar{U}v)] \times 100\%$$

$$\bar{U} = [1 - (1 - 0,0790) \cdot (1 - 0,0154)] \times 100\%$$

$$\bar{U} = 0,0931 \%$$

Setelah perhitungan konsolidasi dengan menggunakan PVD dilakukan maka peneliti

mendapatkan hasil nilai penurunan 0,0931% perminggunya, efektifitas pekerjaan Maksimal PVD yaitu hanya dengan 24 minggu yaitu 6 bulan maka akan dapat dihasilkan penurunan Maksimal Total penurunan selama 6 bulan yaitu, 2,2344. Penijauan penurunan tanah lunak dengan menggunakan PVD di perkirakan masa bekerja penyerapan air pori yang terjadi pada tanah lunak yang mengandung Air yaitu selama kurang lebih 6 Bulan maka peneliti melakukan perbandingan Pengecekan PVD 6 Bulan Karena agar sama dengan masa penyerapan PVD yang terjadi.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis waktu penurunan pada pekerjaan perbaikan tanah, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penurunan yang terjadi pada tanah yang tidak menggunakan PVD sangat lama dapat mencapai penurunan secara maksimal diperlukan waktu 96,743 tahun. Untuk hasil analisis waktu penurunan pada konsolidasi dengan menggunakan *Fabrication Vertical Drain* (PVD) yaitu sebesar 0,0931% perminggu, karena daya kerja PVD secara maksimal yaitu hanya sampai 24 minggu jadi total penurunan yang terjadi keseluruhan dapat mencapai 2,2344.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adinegoro C., Sholeh M., & Novianto D. (2021). Metode pelaksanaan perbaikan tanah menggunakan metode *preloading* dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) pada Terminal Internasional Kijing, *Jurnal JOS - MRK Volume 2, Nomor 2, Juni 2021, Page 158-162*.
- Aini I. A., Maulana E. I., & Santoso H. T. (2023). Evaluasi metode perbaikan tanah lunak dengan *preloading* kombinasi PVD-PHD pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Paket II, *BENTANG: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Vol. 11 No. 1. Januari 2023, pp: 21-36*.
- Al Huda B., Ahmad R., & Prihatin K. (2022). Analisa penurunan konsolidasi dengan metode *preloading* kombinasi PVD pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Sta 47+300, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda Vol. 14 No.1*
- Ali R., & Wulandari, S. (2020). Perbaikan tanah lempung lunak dengan metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), *Jurnal POLITEKNOLOGI Vol. 19 No. 2*
- Das, B. M. (1995). Mekanika tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis) I, *Hal. 177 – 214 Penerbit ERLANGGA*
- Darwis. (2018). Dasar – dasar mekanika tanah, *hal. 224 - 261, Penerbit Pena Indis, Yogyakarta*
- Gaol B. L., & Panjaitan S. R. N. (2020). Analisa *preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) terhadap perbaikan tanah lunak pada Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi – Indrapura, *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*
- Hardiyatmo, C. (2003). Mekanika tanah II, *Hal.47 -115 Gajah Mada University Yogyakarta*
- Lestaria C. P., Utamia, E. T., Hayatia, J., & Syuhada, S. (2022). Analisis perbaikan tanah lunak metode *preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* dengan variasi spasi pemasangan PVD (Studi Kasus: Jalan Tol Indralaya – Prabumulih, Sumatera Selatan), *Journal of Infrastructure Planning, and Design vol. 2 (1), 2022, pp. 26-32*.
- Susiazti, H., Widiastuti, M., & Widayati, R. (2020). Analisis penurunan konsolidasi metode *preloading* dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), *Jurnal Teknologi Sipil, Volume 4, nomor 1 Mei 2020*.
- Surendro, B. (2015). Mekanika tanah - teori, soal, dan penyelesaian, *Hal. 145 -194 Penerbit ANDI OFFSET Yogyakarta*
- Maulana, A., Mochtar, N. E., & Kumalasari, P. T. (2019). Alternatif perencanaan timbunan dan perbaikan tanah dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684), *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 8, No. 2*
- Wesley, L. D. (2012). Mekanika tanah, untuk tanah endapan dan residu, *Hal. 147 – 211, Penerbit ANDI, Yogyakarta*.