

Analisis Pengaruh Konfigurasi Prefabricated Vertical Drain (PVD) terhadap Waktu Konsolidasi dan Penurunan Tanah (Studi Tanah Lempung Lunak Banjarmasin)

* Muhammad Fitriansyah¹, Elia Anggarini², Irwandy Muzaidi³, Heru Dwi Frandika⁴, Hidayati Sabrina⁵
^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Jl Gubernur Syarkawi Kabupaten Barito Kuala, 70582

^{*)}fitriansyahm3@gmail.com, lia.teweh@gmail.com, irwann.muzaidi@gmail.com

Abstract

Soft soil is often found in the Banjarmasin City area or its surroundings with poor characteristics resulting in large land subsidence over a long period of time. One way to accelerate land subsidence time is to use Prefabricated Vertical Drain (PVD). The author tries to analyze the Effect of Prefabricated Vertical Drain (PVD) Configuration Form on Consolidation Time and Land Subsidence in highway construction (Banjarmasin Soft Clay Soil Study). In this study, the author uses a modeling method using computer software and using the Terzaghi method and the Barron Method which were further developed by Hansbo (1979). The results of the study showed that the analysis of consolidation settlement time (U90%) without using PVD was 22514 days, after using PVD for 26 days, the use of PVD can accelerate the consolidation settlement time on soft soil. The further the distance between PVDs, the smaller the land consolidation settlement. The triangular configuration experienced a greater settlement when compared to the square configuration with a PVD distance of 0.5 m and the same time of 25.5 days. In the triangular configuration, the decrease that occurs is 0.440213, while in the square configuration it is 0.427041 m.

Keywords: Settlement, Prefabricated Vertical Drainage (PVD), Soft Soil

Abstrak

Tanah lunak sering ditemukan di wilayah Kota Banjarmasin atau sekitarnya dengan karakteristik yang kurang baik sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan tanah yang besar dalam jangka waktu yang lama. Salah satu cara untuk mempercepat waktu penurunan tanah adalah dengan menggunakan Prefabricated Vertical Drain (PVD). Penulis mencoba menganalisis Pengaruh Bentuk Konfigurasi Prefabricated Vertical Drain (PVD) terhadap Waktu Konsolidasi dan Penurunan Tanah pada konstruksi jalan raya (Studi Tanah Lempung Lunak Banjarmasin). Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode pemodelan dengan menggunakan perangkat lunak komputer dan menggunakan metode Terzaghi dan Metode Barron yang selanjutnya dikembangkan oleh Hansbo (1979). Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis waktu penurunan konsolidasi (U90%) tanpa menggunakan PVD adalah 22514 hari, setelah menggunakan PVD selama 26 hari, penggunaan PVD dapat mempercepat waktu penurunan konsolidasi pada tanah lunak. Semakin jauh jarak antar PVD, penurunan konsolidasi tanah semakin kecil. Pada Konfigurasi segitiga mengalami penurunan yang lebih besar bila dibandingkan dengan konfigurasi persegi dengan jarak PVD 0,5 m serta waktu yang sama 25,5 hari. Pada konfigurasi segitiga penurunan yang terjadi sebesar 0,440213, sedangkan pada konfigurasi persegi sebesar 0,427041 m.

Kata Kunci: Penurunan, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Tanah Lunak

PENDAHULUAN

Pembangunan jalan sering kali menghadapi tantangan yang kompleks jika harus dilakukan di daerah rawa atau tanah lunak dengan muka air dangkal atau lebih tinggi dari permukaan tanah. Oleh karena itu, pekerjaan tanggul perlu dilakukan sebelum konstruksi lainnya dapat dibangun. Namun, kuat geser tanah yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi sering kali menimbulkan masalah stabilitas dan penurunan tanah dasar (Muzaidi dkk, 2022)

Salah satu pembangunan di Indonesia yang selalu dilakukan adalah pada sektor transportasi yaitu pembangunan jalan raya. Dalam pembangunan konstruksi jalan raya hal yang harus selalu diperhatikan adalah jenis tanah apa yang akan digunakan sebagai lapisan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan tanah dasar ini memiliki peranan penting sebagai pemikul beban statis dan beban dinamis yang berada di atasnya (Muzaidi dkk, 2018)

Tanah lunak merupakan tanah yang terbentuk karena pelapukan batuan yang tidak mempunyai daya ikat

kuat antar partikelnya, mempunyai karakteristik yang kurang baik dan mempunyai sifat-sifat yang kurang baik untuk konstruksi karena mempunyai kadar air yang tinggi tetapi sulit untuk dikeringkan, mempunyai permeabilitas yang rendah dan komposabilitas yang tinggi, sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan tanah yang besar dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, tanah lunak juga memiliki sifat plastisitas yang tinggi, artinya tanah dapat dibentuk dan mempertahankan bentuknya untuk sementara waktu. Karakteristik ini membuatnya sulit untuk diprediksi perilakunya ketika diberi beban, sehingga memerlukan analisis yang cermat dalam perencanaan konstruksi.

Penelitian sebelumnya berdasarkan (Dwi Priambodo, 2022) menyatakan bahwa penurunan yang terjadi menggunakan Prefabricated Vertical Drain dengan konfigurasi segitiga memperoleh nilai penurunan dengan setiap jarak tanam 50 cm dengan waktu tercepat 20 minggu dengan penurunan konstan sebesar 1,3032 m. Pada pola persegi, penurunan tercepat ditemukan dengan waktu 30 minggu dan penurunan sebesar 1,3032 m dengan konfigurasi 50 cm. Hal ini membuktikan bahwa terdapat selisih 10 minggu antar konfigurasi yang digunakan untuk

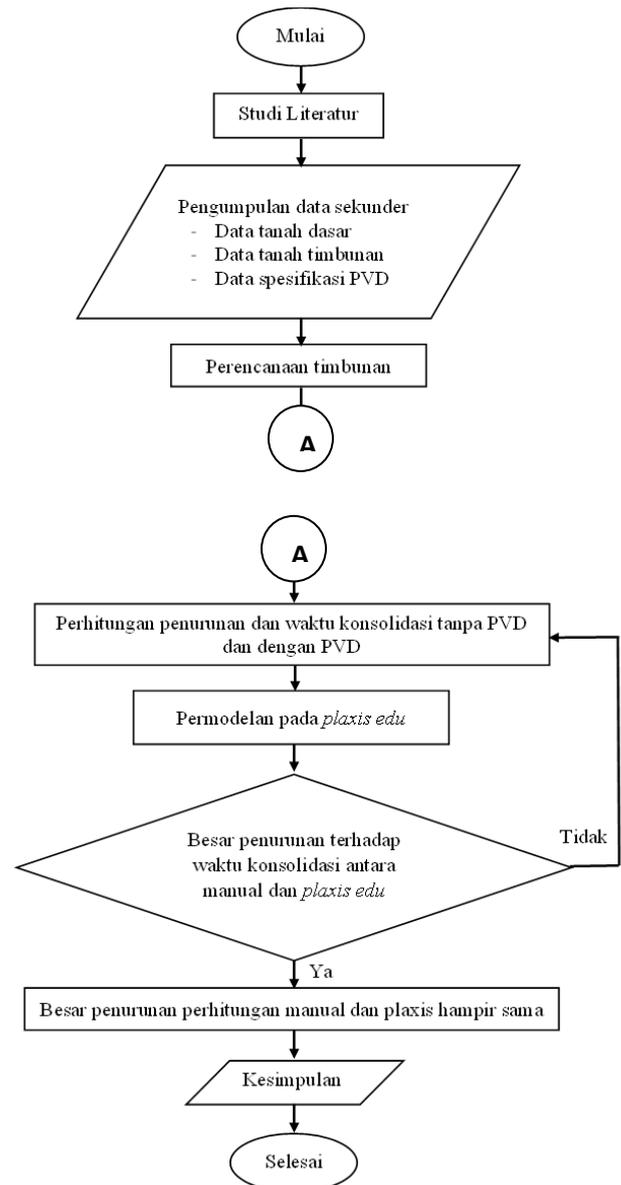
penerapan Prefabricated Vertical Drain. Berdasarkan dari penelitian tersebut, penggunaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dengan konfigurasi yang berbeda-beda sangat mempengaruhi waktu penyelesaian. *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) digunakan karena dapat membantu mempercepat waktu aliran air yang keluar dari pori-pori tanah sehingga proses penyelesaian dapat berlangsung lebih cepat. Hal ini dikarenakan vertical drain terus menekan keluar air pori yang keluar dari arah horizontal pada saat proses konsolidasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak dan pola Konfigurasi PVD terhadap waktu dan penurunan yang terjadi khususnya pada konstruksi struktur jalan raya yang memiliki konsistensi tanah lunak yang berada di sekitar Kota Banjarmasin.

METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan perhitungan secara manual dan permodelan menggunakan Plaxis Edu 3D. pada Metode Perhitungan Manual menggunakan Teori Terzaghi untuk perhitungan tanpa PVD dan teori Hansbo untuk perhitungan dengan menggunakan PVD. Sedangkan pada permodelan menggunakan program Plaxis edu 3D untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada pemodelan yang berbeda.

Data tanah yang digunakan dalam Penelitian ini berasal dari pengambilan sampel di lokasi tertentu, kemudian sampel tersebut diuji di Laboratorium Mekanika Tanah untuk mendapatkan sifat fisik tanah. Data tanah yang diperoleh dari pengujian tersebut antara lain:

1. Data bor mesin,
2. Data Sondir
3. Sifat-sifat Tanah, meliputi: Berat Tanah (γ), Kadar Air (w), Berat Jenis (G_s), Batas-batas Atterberg.
4. Rekayasa Tanah, meliputi: Uji Geser Langsung, Uji Kompresi Bebas (UCT).



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Tanggul

Untuk mengetahui penurunan akibat beban awal, diperlukan informasi mengenai tinggi rencana tanggul. Perhitungan tinggi rencana tanggul akibat beban lalu lintas dilakukan dengan menggunakan Persamaan di bawah ini.

$$q = 1,20 \text{ ton/m}^2 \text{ (Tabel 24 SNI 8640-2017)}$$

$$\gamma_{\text{timb}} = 1,69 \text{ ton/ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Jam beban lalu lintas} &= q/(\gamma_{\text{timbunan}}) \\ &= 1,20/1,69 \\ &= 0,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi tanggul yang direncanakan akibat beban lalu lintas adalah 0,70 m. Tinggi tanggul yang direncanakan diasumsikan 0,50 m dan tinggi tanggul perkerasan jalan yang direncanakan diasumsikan 0,60 m. Jadi total tinggi tanggul yang direncanakan (H_{Final}) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1,8 meter.

Penurunan Konsolidasi Tanpa PVD

Dalam analisis ini, menggunakan prinsip penurunan konsolidasi normal. Perhitungan penurunan dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini. Berikut adalah perhitungan untuk penurunan konsolidasi normal sebagai berikut.

$C_c = 0,467$
 $e_o = 2,148$
 $H = 1 \text{ m}$
 $P_o = 0,265$
 $\Delta P = 1,625 \text{ ton/m}^2$
 $S_{ci} = [0,465/(1+2,148).H.(log(0,265+1,625)/0,265)]$
 $S_{ci} = 0,123 \text{ m}$

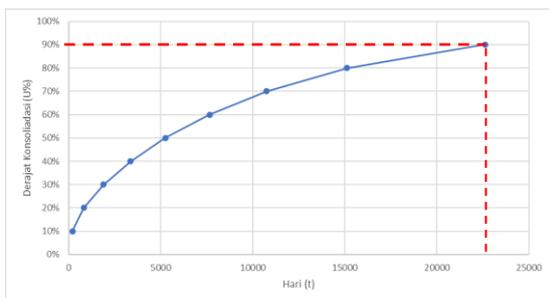
Waktu Konsolidasi

Tujuan perhitungan adalah untuk mengetahui berapa lama waktu konsolidasi yang dibutuhkan tanah untuk mencapai derajat konsolidasi 90% tanpa menggunakan PVD. Perhitungan waktu konsolidasi tanpa PVD dilakukan dengan menggunakan teori Terzaghi. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan derajat konsolidasi tanpa PVD.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Derajat Konsolidasi Tanpa PVD

U%	Cv m ² /hari	Tv	H m	t hari	S m
10%	0,01823	0,0080	22	212	0,045
20%	0,01823	0,0310	22	823	0,089
30%	0,01823	0,0710	22	1885	0,134
40%	0,01823	0,1260	22	3345	0,178
50%	0,01823	0,1970	22	5230	0,223
60%	0,01823	0,2870	22	7620	0,268
70%	0,01823	0,4030	22	10699	0,312
80%	0,01823	0,5670	22	15053	0,357
90%	0,01823	0,8480	22	22514	0,401
100%	0,01823	0,8480	22	22514	0,446

Berdasarkan dari Tabel 1. hasil analisis penurunan yang terjadi tanpa menggunakan PVD dengan derajat Konsolidasi 90% sebesar 0,401 m dengan waktu (t) 22514 hari. Jika dilihat dari hasil tinjauan tersebut memiliki penurunan yang sangat besar dengan waktu yang cukup lama, maka perlu dilakukan percepatan penurunan menggunakan metode PVD.



Gambar 2. Grafik Hubungan Waktu dan Derajat Konsolidasi Tanpa PVD

Perhitungan Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Konfigurasi Persegi

Berikut rekapitulasi perhitungan derajat konsolidasi menggunakan PVD konfigurasi persegi dengan jarak pemasangan 0,5 m, 1 m, 1,5 m dan 2 m.

Tabel 2. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Persegi Dengan Jarak 0,5 m.

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		S
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,85591	1,641	0,0010	86%	0,3818023	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,86172	1,641	0,0010	86%	0,3843908	
22	0,73	0,547	0,0008	0,86729	1,641	0,0011	87%	0,3868750	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,87264	1,641	0,0011	87%	0,3892589	
23	0,77	0,547	0,0009	0,87777	1,641	0,0011	88%	0,3915468	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,88270	1,641	0,0011	88%	0,3937424	
24	0,80	0,547	0,0009	0,88742	1,641	0,0012	89%	0,3958495	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,89196	1,641	0,0012	89%	0,3978716	
25	0,83	0,547	0,0009	0,89631	1,641	0,0012	90%	0,3998122	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,90049	1,641	0,0012	90%	0,427041	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada Tabel 2 dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi persegi dengan jarak 0,5 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,427041 m.

Tabel 3. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Persegi Dengan Jarak 1 m

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		S
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,85591	1,641	0,0002	86%	0,3817478	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,86172	1,641	0,0002	86%	0,3843373	
22	0,73	0,547	0,0008	0,86729	1,641	0,0002	87%	0,3868224	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,87264	1,641	0,0002	87%	0,3892073	
23	0,77	0,547	0,0009	0,87777	1,641	0,0002	88%	0,3914962	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,8827	1,641	0,0002	88%	0,3936928	
24	0,80	0,547	0,0009	0,88742	1,641	0,0002	89%	0,3958009	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,89196	1,641	0,0002	89%	0,3978240	
25	0,83	0,547	0,0009	0,89631	1,641	0,0002	90%	0,3997655	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,90049	1,641	0,0002	90%	0,417619	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada Tabel 3 dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi persegi dengan jarak 1 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,417619 m. Pada jarak 1 m ini hanya mengalami beda penurunan sangat sedikit bila dibandingkan dengan jarak 0,5 m, sedangkan waktu penurunan sama 25,5 hari.

Tabel 4. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Persegi Dengan Jarak 1,5 m

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		S
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,85591	1,641	0,00006	86%	0,3817408	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,86172	1,641	0,00007	86%	0,3843304	
22	0,73	0,547	0,0008	0,86729	1,641	0,00007	87%	0,3868157	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,87264	1,641	0,00007	87%	0,3892008	
23	0,77	0,547	0,0009	0,87777	1,641	0,00007	88%	0,3914897	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,8827	1,641	0,00007	88%	0,3936865	
24	0,80	0,547	0,0009	0,88742	1,641	0,00007	89%	0,3957947	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,89196	1,641	0,00007	89%	0,3978179	
25	0,83	0,547	0,0009	0,89631	1,641	0,00008	90%	0,3997596	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,90049	1,641	0,00008	90%	0,412616	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada **Tabel 4** dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi persegi dengan jarak 1,5 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,412616 m. Pada jarak 1,5 m ini hanya mengalami beda penurunan sangat sedikit bila dibandingkan dengan jarak 0,5m, dan 1 m, sedangkan waktu penurunan sama 25,5 hari.

Tabel 5. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Persegi Dengan Jarak 2 m

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		S
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,85591	1,641	0,00003	86%	0,3817388	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,86172	1,641	0,00003	86%	0,3843284	
22	0,73	0,547	0,0008	0,86729	1,641	0,00003	87%	0,3868137	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,87264	1,641	0,00003	87%	0,3891988	
23	0,77	0,547	0,0009	0,87777	1,641	0,00004	88%	0,3914878	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,8827	1,641	0,00004	88%	0,3936846	
24	0,80	0,547	0,0009	0,88742	1,641	0,00004	89%	0,3957928	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,89196	1,641	0,00004	89%	0,3978161	
25	0,83	0,547	0,0009	0,89631	1,641	0,00004	90%	0,3997579	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,90049	1,641	0,00004	90%	0,401674	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada **Tabel 5** dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi persegi dengan jarak 2 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,401674 m. Pada jarak 1,5 m ini hanya mengalami beda penurunan sangat sedikit bila dibandingkan dengan jarak 0,5m, 1 m, dan 1,5 m sedangkan waktu penurunan sama 25,5 hari.

Perhitungan Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Konfigurasi Segitiga
Berikut rekapitulasi perhitungan derajat konsolidasi menggunakan PVD konfigurasi segitiga dengan jarak pemasangan 0,5 m, 1 m, 1,5 m dan 2 m.

Tabel 6. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Segitiga Dengan Jarak 0,5 m

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		S
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,8559	1,641	0,0012	86%	0,3818166	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,8617	1,641	0,0013	86%	0,3844049	
22	0,73	0,547	0,0008	0,8673	1,641	0,0013	87%	0,3868888	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,8726	1,641	0,0013	87%	0,3892725	
23	0,77	0,547	0,0009	0,8778	1,641	0,0014	88%	0,3915601	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,8827	1,641	0,0014	88%	0,3937555	
24	0,80	0,547	0,0009	0,8874	1,641	0,0014	89%	0,3958623	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,8920	1,641	0,0015	89%	0,3978842	
25	0,83	0,547	0,0009	0,8963	1,641	0,0015	90%	0,3998245	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,9005	1,641	0,0015	90%	0,440213	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada **Tabel 6** dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi segitiga dengan jarak 0,5 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,440213 m.

Tabel 7. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Segitiga Dengan Jarak 1 m

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		S
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,85591	1,641	0,0002	86%	0,3817500	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,86172	1,641	0,0002	86%	0,3843395	
22	0,73	0,547	0,0008	0,86729	1,641	0,0002	87%	0,3868245	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,87264	1,641	0,0002	87%	0,3892095	
23	0,77	0,547	0,0009	0,87777	1,641	0,0002	88%	0,3914983	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,88270	1,641	0,0002	88%	0,3936948	
24	0,80	0,547	0,0009	0,88742	1,641	0,0002	89%	0,3958029	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,89196	1,641	0,0002	89%	0,3978259	
25	0,83	0,547	0,0009	0,89631	1,641	0,0002	90%	0,3997675	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,90049	1,641	0,0003	90%	0,418799	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada **Tabel 7** dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi segitiga dengan jarak 1 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,418799 m. Pada jarak 1 m ini hanya mengalami beda penurunan sangat sedikit bila dibandingkan dengan jarak 0,5 m, sedangkan waktu penurunan sama 25,5 hari.

Tabel 8. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Segitiga Dengan Jarak 1,5 m

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		s
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,85591	1,641	0,00008	86%	0,3817417	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,86172	1,641	0,00008	86%	0,3843312	
22	0,73	0,547	0,0008	0,86729	1,641	0,00008	87%	0,3868165	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,87264	1,641	0,00008	87%	0,3892015	
23	0,77	0,547	0,0009	0,87777	1,641	0,00008	88%	0,3914905	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,8827	1,641	0,00009	88%	0,3936872	
24	0,80	0,547	0,0009	0,88742	1,641	0,00009	89%	0,3957954	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,89196	1,641	0,00009	89%	0,3978186	
25	0,83	0,547	0,0009	0,89631	1,641	0,00009	90%	0,3997603	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,90049	1,641	0,00009	90%	0,404089	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada **Tabel 8** dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi segitiga dengan jarak 1,5 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,404089 m. Pada jarak 1,5 m ini hanya mengalami beda penurunan sangat sedikit bila dibandingkan dengan jarak 0,5m, dan 1 m, sedangkan waktu penurunan sama 25,5 hari.

Tabel 9. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Konfigurasi Segitiga Dengan Jarak 2 m

Hari	t	cv		Uv	ch	Uh	Uef		S
		bulan					%	m	
21	0,70	0,547	0,0008	0,85591	1,641	0,00004	86%	0,3817392	
21,5	0,72	0,547	0,0008	0,86172	1,641	0,00004	86%	0,3843288	
22	0,73	0,547	0,0008	0,86729	1,641	0,00004	87%	0,3868141	
22,5	0,75	0,547	0,0008	0,87264	1,641	0,00004	87%	0,3891992	
23	0,77	0,547	0,0009	0,87777	1,641	0,00004	88%	0,3914882	
23,5	0,78	0,547	0,0009	0,8827	1,641	0,00004	88%	0,3936850	
24	0,80	0,547	0,0009	0,88742	1,641	0,00004	89%	0,3957932	
24,5	0,82	0,547	0,0009	0,89196	1,641	0,00005	89%	0,3978165	
25	0,83	0,547	0,0009	0,89631	1,641	0,00005	90%	0,3997582	
25,5	0,85	0,547	0,0010	0,90049	1,641	0,00005	90%	0,401686	

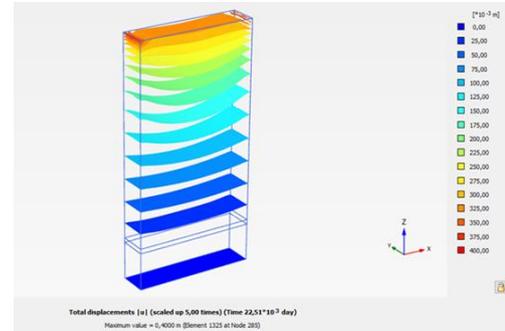
Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan dari hasil analisis Pada **Tabel 9** dapat dilihat jika menggunakan konfigurasi segitiga dengan jarak 2 m, maka waktu penurunan yang di dapat selama 25,5 hari dengan total penurunan sebesar 0,401686 m. Pada jarak 1,5 m ini hanya mengalami beda penurunan sangat sedikit bila dibandingkan dengan jarak 0,5m, 1 m, dan 1,5 m sedangkan waktu penurunan sama 25,5 hari.

Analisis Menggunakan Metode Plaxis Edu

Pada tahap ini, proses analisis akan menghasilkan data penurunan konsolidasi. Waktu yang digunakan dalam analisis Plaxis edu merupakan hasil perhitungan manual, yaitu 22514 hari untuk penurunan tanpa PVD dan 25,5 hari untuk penurunan dengan PVD. Hasil tersebut digunakan

sebagai input untuk melakukan perhitungan. Hasil perhitungan dari tahap awal hingga tahap akhir akan menggambarkan penurunan permukaan tanah akibat beban timbunan. Output dari Plaxis edu adalah perpindahan total yang muncul dari pemodelan penurunan tanpa PVD dan dengan PVD.

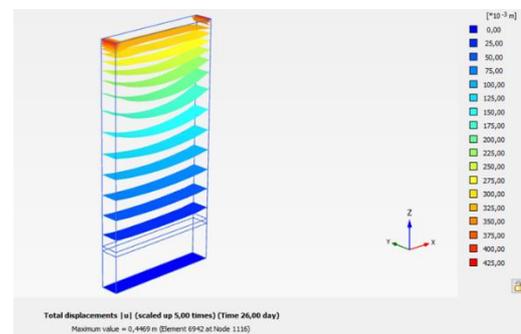


Gambar 2. Total Perpindahan Dan Waktu Penyelesaian Konsolidasi (U90%) Tanpa Menggunakan PVD

Berdasarkan **Gambar 2**, diketahui bahwa penurunan tanah yang terjadi pada setiap lapisan berbeda-beda. Warna yang berbeda-beda pada setiap lapisan menunjukkan bahwa penurunan tanah pada setiap lapisan berbeda-beda. Perbedaan lapisan dapat dilihat pada notasi warna di sebelah kanan. Misalnya, pada lapisan oranye, hasil penurunan tanah sebesar 0,300 m. Pada lapisan merah, penurunan tanah terjadi dengan nilai 0,400.

Konfigurasi PVD Persegi Dengan Jarak 0,5 m

Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi persegi dan jarak 0,5 m adalah 0,4469 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi. Hasil keluaran analisis menggunakan program Plaxis Edu dapat dilihat pada **Gambar 3**.

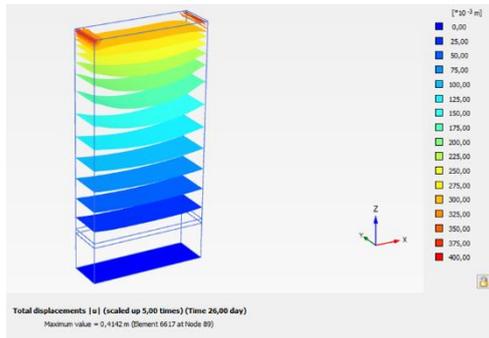


Gambar 3. Total Displacement dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 0,5 m

Konfigurasi PVD Persegi Dengan Jarak 1 m

Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi persegi dan jarak 1 m adalah 0,4142 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil

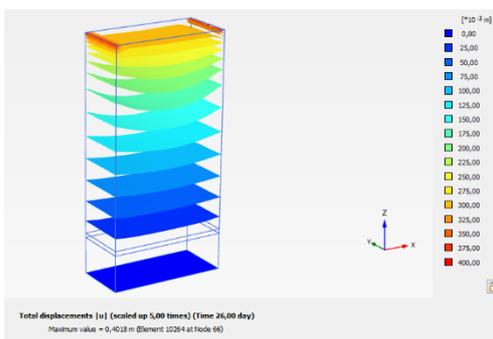
waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi. Hasil keluaran analisis menggunakan program Plaxis Edu dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Total Perpindahan dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 0,5 m

Konfigurasi PVD Persegi Dengan Jarak 1,5 m

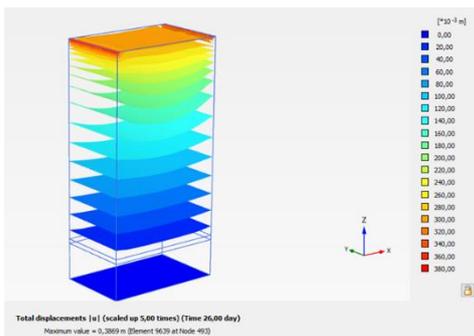
Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi persegi dan jarak 1,5 m adalah 0,4018 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi.



Gambar 5. Total Perpindahan dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 1,5 m

Konfigurasi PVD Persegi Dengan Jarak 2 m

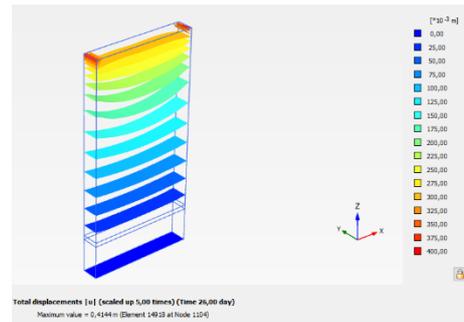
Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi persegi dan jarak 2 m adalah 0,3869 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi. Hasil keluaran analisis menggunakan program Plaxis Edu dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Total Perpindahan dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 2 m

Konfigurasi PVD Segitiga Dengan Jarak 0,5 m

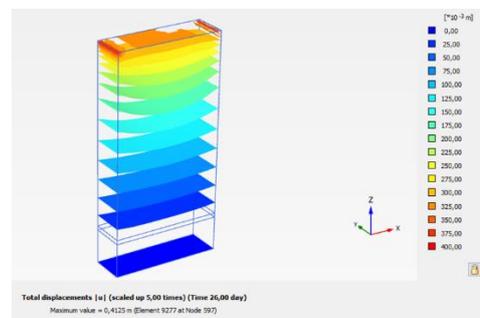
Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi segitiga dan jarak 0,5 m adalah 0,4144 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi. Hasil keluaran dari analisis menggunakan program Plaxis Edu dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Total Perpindahan dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 0,5 m

Konfigurasi PVD Segitiga Dengan Jarak 1 m

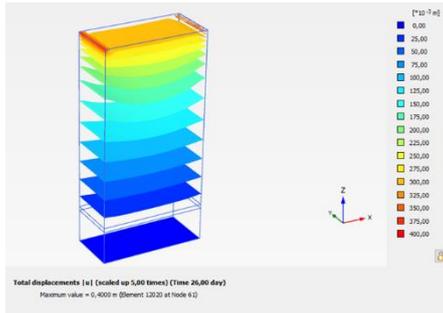
Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi segitiga dan jarak 1 m adalah 0,4125 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi. Hasil keluaran analisis menggunakan program Plaxis Edu dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Total Perpindahan dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 1 m

Konfigurasi PVD Segitiga Dengan Jarak 1,5 m

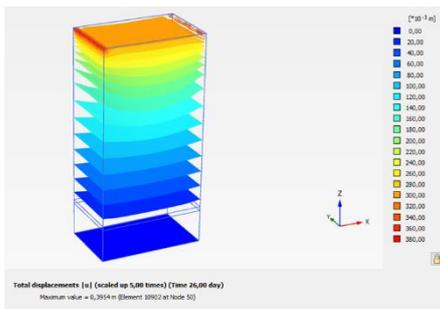
Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi segitiga dan jarak 1,5 m adalah 0,4000 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi. Hasil keluaran analisis menggunakan program Plaxis Edu dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Total Perpindahan dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 1,5 m

Konfigurasi PVD Segitiga Dengan Jarak 2 m

Besarnya penurunan konsolidasi (U90%) menggunakan program Plaxis Edu pada kondisi menggunakan PVD dengan konfigurasi segitiga dan jarak 2 m adalah 0,380 m. Waktu penurunan pada Plaxis disesuaikan dengan hasil waktu penurunan pada perhitungan menggunakan teori Terzaghi. Hasil keluaran dari analisis menggunakan program Plaxis Edu dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Total Perpindahan dan Waktu Konsolidasi (U90%) Menggunakan PVD Dengan Jarak 2 m

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Penyelesaian Konsolidasi (U90%) Dengan dan Tanpa PVD

Model	Jarak	Buku petunjuk		Plaxis 3D Edu
		Penurunan	Waktu	Penurunan
		M	hari	M
Tanpa PVD	-	0,4014000	22514	0,4000
	0,5	0,427041		0,4469
Konfigurasi PVD Persegi	1	0,417619		0,4142
	1,5	0,412616		0,4018
	2	0,401674	25,5	0,3869
	0,5	0,440213		0,4144
Konfigurasi Segitiga PVD	1	0,418799		0,4125
	1,5	0,404089		0,4000
	2	0,401686		0,380

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 9** diketahui konfigurasi segitiga mengalami penurunan yang lebih besar bila dibandingkan dengan konfigurasi persegi dengan waktu

yang sama 25,5 hari, hal ini juga terbukti hasil analisis menggunakan Plaxis 3D Edu walupun hasil pada output ada perbedaan yang tidak berbeda jauh.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan penurunan derajat konsolidasi (U90%) tanpa Prefabricated Vertical Drain (PVD) dan dengan menggunakan Prefabricated Vertical Drain (PVD) maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Analisa waktu konsolidasi penurunan (U90%) tanpa menggunakan PVD adalah 22514 hari, setelah menggunakan PVD 26 hari, penggunaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dapat mempercepat waktu konsolidasi penurunan pada tanah lunak.
2. Semakin jauh jarak antar PVD, makin kecil penurunan konsolidasi tanah yang terjadi.
3. Konfigurasi segitiga mengalami penurunan yang lebih besar bila dibandingkan dengan konfigurasi persegi dengan jarak PVD 0,5 m serta waktu yang sama 25,5 hari. Pada konfigurasi segitiga penurunan yang terjadi sebesar 0,440213, sedangkan pada konfigurasi persegi sebesar 0,427041 m.

DAFTAR PUSTAKA

Anon. (1996). Drainase Vertikal Pracetak (PVD). Perbaikan Tanah Lunak, September 2016, 88–185.

Kuswanda, WP (2015). Problematika Pembangunan Infrastruktur Pada Tanah Lempung Lunak Dan Alternatif Metode Penanganannya. 270–288.

Mochtar, IB (2000). Teknik Perbaikan Tanah Dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Tanah Bermasalah). Jurusan Teknik Sipil – Ftsp, Its., 21(1), 10.

Munthe, Daniae; Roesyanto; Iskandar, R. (2021). Analisis Pengaruh Jarak Pemasangan PVD Terhadap Derajat Konsolidasi Pada Konstruksi Timbunan. Perbatasan Dalam Ilmu Saraf, 14(1), 1–13.

Muzaidi, I., Anggarini, E., & Pradhitya Hardiani, D. (2022). Solidifikasi Struktur Tanah Lempung Lunak Banjarmasin Dengan Limbah Plastik Pet (Polyethylene Terephthalate). Ekstrapolasi, 19(01), 1–8.

Muzaidi, I., Fitriansyah, M., & Hardiani, DP (2018). Pengaruh Penambahan Ecocure Dan Semen Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanisme Tanah Gambut. Konstruksia, 51–63.

Priambodo, D., & Zaki, M. (2022). Perbandingan Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan PVD (Pre -Fabricated Vertical Drain) Dengan Grid Persegi Dan Segitiga Bervariatif Perbandingan Perbaikan Tanah Menggunakan PVD (Pre-Fabricated Vertical Drain) Dengan Variabel Grid Persegi Dan Segitiga. 7, 275–280.

- Putra, HR, Zulhendra, R., Permata, R., & Hadi, DF (2018).
Studi Efisiensi Konfigurasi Pemasangan PVD Dari
Segi Teknis Dan Biaya Konstruksi. November,
47-55.
- SNI-8460:2017. (2017). Sni 8460-2017. Persyaratan
Perancangan Geoteknik, 8460, 2017.
- Pemenang, D., Endah, N., & Kumala Sari, PT (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).