

PERCEPATAN KONSOLIDASI PADA TANAH LUNAK DENGAN MENGGUNAKAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)*

ANALYSIS OF CONSOLIDATION ACCELERATION ON SOFT SOILS USING PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)

¹Juniarso, ²Andi Asnur Pranata M. H., ³Ellysa, ⁴Tri Handayani, ⁵Asri Wulan
¹Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma dan juniarso@staff.gunadarma.ac.id
²Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma dan andiforjournal@gmail.com
³Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma dan ellysa@staff.gunadarma.ac.id
⁴Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma dan t_handayani@staff.gunadarma.ac.id
⁵Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma dan asriwulan210@gmail.com

Abstrak

Konstruksi diatas tanah lunak menjadi hal yang penting untuk dipertimbangkan, salah satu masalahnya adalah masalah penurunan. Penurunan konsolidasi yang terjadi membutuhkan waktu yang cukup lama, hal ini bisa menyebabkan kegagalan konstruksi yang ada diatasnya akibat penurunan kostruksi timbunan. Maksud dari penelitian ini adalah melakukan perhitungan penurunan pada tanah lunak tersebut secara alami dan dengan menggunakan Prefabricated Vertical Drain (PVD). PVD berfungsi sebagai alat untuk mempercepat proses penurunan agar waktu penurunan dapat lebih cepat tercapai. Lokasi reaktivasi stasiun gunung putri terletak diatas tanah lunak berdasarkan Bore Hole 4. Perhitungan penurunan menggunakan PVD dengan pola segitiga mengacu pada metode Hansbo. Derajat konsolidasi yang diinginkan pada perhitungan ini mengacu pada derajat konsolidasi 90%. Dari hasil perhitungan konsolidasi tanpa PVD didapat penurunan 0,39 m dengan waktu 26,89 bulan. Dengan menggunakan PVD pola segitiga perhitungan waktu penurunan untuk jarak 2 m selama 42 hari.

Kata Kunci: stasiun, penurunan, konsolidasi, *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*.

Abstract

Construction on soft ground is an important issue to consider, one of the problems is settlement. The consolidation settlement that occurs takes a long time, this can cause the failure of the overlying construction due to the settlement of the embankment construction. The purpose of this research is to calculate the settlement of soft soil naturally and by using Prefabricated Vertical Drain (PVD). PVD serves as a tool to accelerate the settlement process so that the settlement time can be achieved faster. The Gunung Putri station reactivation site is located on soft ground based on Bore Hole 4. The calculation of settlement using PVDs with triangular patterns and different distances refers to the Hansbo method. The desired degree of consolidation in this calculation refers to the 90% degree of consolidation. From the results of the consolidation calculation without PVDs, a settlement of 0.39 m was obtained with a time of 26.89 months. By using triangular pattern PVD, the calculated settlement time for 2 m spacing is 42 days.

Keywords: runway, settlement, consolidation, *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*.

PENDAHULUAN

Pada penelitian ini berdasarkan rencana reaktivasi pada stasiun gunung yang tidak aktif. Dalam rangka mendukung rencana tersebut, akan dilaksanakan penyusunan Detail Engineering Design (DED) Bangunan Operasional Stasiun KA dan Fasilitas Integrasi

di Kawasan Stasiun Gunung Putri. Salah satunya adalah rencana pembangunan track yang akan dikonstruksi pada tanah lunak. Tanah lunak merupakan jenis tanah yang kurang baik dalam suatu konstruksi. Kendala yang timbul dari pembangunan konstruksi ditanah lunak yaitu penurunan tanah yang

besar dalam waktu yang lama sehingga mengganggu konstruksi di atasnya.

Pada umumnya teknik percepatan penurunan dengan cara mengeluarkan air pori pada tanah dengan cepat dibandingkan proses konsolidasi secara alami. Untuk itu diperlukan percepatan penurunan, salah satunya adalah dengan menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).

Prefabricated Vertical Drain (PVD) merupakan salah satu metode penyelesaian pada masalah geoteknik dimana dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) tersebut pengaliran air pori dapat dilakukan secara horisontal dan vertikal sehingga proses penurunan tanah dapat dipercepat.

METODOLOGI PENELITIAN

Penulisan ini dilakukan berdasarkan data primer yang dilakukan di lokasi stasiun gunung putri khususnya pada lokasi rencana jalan rel dengan melakukan *Standar Penetration Test* (SPT) di lapangan serta mengambil sampel *disturb* dan *undisturb* untuk diuji di laboratorium untuk mendapatkan parameter – parameter tanah yang akan digunakan sebagai parameter desain. Menganalisis pemampatan yang terjadi pada lokasi rencana. Analisis pemampatan didapatkan dari data boring log. Analisa percepatan konsolidasi dengan menggunakan metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang meliputi jarak PVD, kedalaman PVD, waktu proses pemampatan akibat PVD. Metode perhitungan spasi yang digunakan yaitu Metode Hansbo. Metode Hansbo menunjukkan peningkatan jarak spasi yang diiringi oleh peningkatan waktu konsolidasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap penurunan dan waktu konsolidasi berdasarkan data uji tanah *Bore Hole 4* yang telah dilakukan di lapangan dan di laboratorium karena pada titik tersebut kedalaman tanah lunak dianggap mewakili area yang dikaji dan mempunyai kedalaman 6

m. Teori terzaghi akan digunakan untuk menganalisa penurunan dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90%.

a. Analisa Besar Penurunan Tanah Alamiah

Adapun data hasil dari pengujian tanah *Bore Hole 4* adalah sebagai berikut :

Indeks Pemampatan C_c
= 0,32

Tebal Lapisan Terkonsolidasi
= 6 m

Tinggi Timbunan *Pre – Loading*
= 2,5

Berat Jenis Tanah Asli
= 15,37 kN/m³

Berat Jenis Tanah Timbunan
= 18 kN/m³

Void Ratio sebelum Pembebanan e_o
= 1,54

Tegangan Efektif *Overburden* P_o
= 16,11 kN/m²

Besar Tegangan Akibat Timbunan ΔP
= 45 kN/m²

Koefisien Konsolidasi C_v
= 0,03780 m²/hari

maka penurunan konsolidasi primer akibat beban timbunan berdasarkan rumus berikut adalah :

$$S = \frac{C_c}{1 + e_o} H \log \frac{\Delta P + P_o}{P_o} \quad (1)$$

$$S = 0,390 \text{ m}$$

b. Waktu Konsolidasi Alamiah

Pada tanah yang tidak dikonsolidasi dengan PVD, pengaliran yang terjadi hanyalah vertikal saja dan H_{dr} adalah 0,5 x tinggi tanah terkonsolidasi, sehingga berdasarkan rumus berikut waktu untuk mencapai penurunan seperti diatas dengan derajat konsolidasi 90% adalah :

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

t = 26,89 bulan

berikut adalah tabel penurunan dengan derajat konsolidasi yang berbeda – beda. Pada tabel 1 menunjukkan waktu konsolidasi terlama sebesar 26,89 bulan untuk derajat konsolidasi sebesar 90%.

c. Perhitungan Dengan Menggunakan Prefabricated Vertical Drain (PVD)

Metode perhitungan analisa waktu penurunan tanah dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) diperkenalkan oleh Hansbo (1981). Adapun tahapan perhitungannya adalah mengikuti urutan berikut :

Perhitungan Nilai Koefisien Konsolidasi Horizontal (Ch)

$$Ch = (1,2 - 3) \times Cv \quad (3)$$

$$Ch = 33,151 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal (Uv)

Untuk menghitung derajat konsolidasi total sebelumnya dilakukan perhitungan derajat konsolidasi

vertikal yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Uv = \frac{\sqrt{\frac{4Tv}{\pi}}}{\left(1 + \left(\frac{4Tv}{\pi}\right)^{2,8}\right)^{0,179}}$$

Untuk perhitungan perhitungan dengan waktu 10 hari atau 0,025 tahun diperoleh nilai derajat konsolidasi vertikal (Uv) = 0,233.

Perhitungan Faktor Waktu Radial / Horizontal (Tr)

Untuk pemasangan PVD dengan jarak spasi 2 m. Diameter hidrolis (De) untuk pola segitiga adalah 1,05 x spasi maka didapat diameter hidrolis 2,1 m. Jika digunakan lebar PVD (a) adalah 10 cm dan tebal PVD (b) yang digunakan adalah 0,5 cm. Sedangkan diameter PVD (dw) mempunyai rumusan sebagai berikut :

$$d_w = \frac{(a+b)}{2} \quad (5)$$

Sehingga didapat dw adalah 6,68 cm.

Tabel 1. Waktu Konsolidasi dan Derajat Konsolidasi

Uv %	Tv	Cv m2/hari	Hdr m	t hari	t bulan	t tahun	S (cm)
0	0,000	0,037843	6	0,00	0,00	0	0
10	0,008	0,037843	6	7,47	0,25	0,02	-3,90
20	0,031	0,037843	6	29,87	1,00	0,08	-7,80
30	0,071	0,037843	6	67,21	2,24	0,19	-11,70
40	0,126	0,037843	6	119,48	3,98	0,33	-15,60
50	0,196	0,037843	6	186,69	6,22	0,52	-19,51
60	0,286	0,037843	6	272,33	9,08	0,76	-23,41
70	0,403	0,037843	6	383,22	12,77	1,06	-27,31
80	0,567	0,037843	6	539,52	17,98	1,50	-31,21
90	0,848	0,037843	6	806,70	26,89	2,24	-35,11

Perhitungan Derajat Konsolidasi Radial / Horizontal (U_r)

Dengan mempertimbangkan efek smear maka dapat dihitung derajat konsolidasi radial / horizontal (U_r) dengan formula berikut :

$$U_r = 1 - \exp\left(\frac{-8Tr}{F}\right) \quad (6)$$

Sedangkan untuk menghitung waktu horizontal (Tr) menggunakan formula berikut :

$$Tr = \frac{Ch.t}{de^2} \quad (7)$$

Sehingga diperoleh derajat konsolidasi horizontal / radial (U_r) adalah 0,33.

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total (U)

Berdasarkan hasil perhitungan untuk derajat konsolidasi radial dan vertikal

maka dapat ditentukan perhitungan derajat konsolidasi total (U) :

$$(1-U) = (1-U_v)x(1-U_r) \quad (8)$$

$$U = 1 - (1 - 0,031) x (1 - 0,02)$$

$$U = 0,487$$

Perhitungan Besar Konsolidasi (S_c) Pada Waktu Ke n

Untuk contoh perhitungan waktu konsolidasi 10 hari dapat dihitung seperti berikut :

$$S_c = U \times S_{total} \quad (9)$$

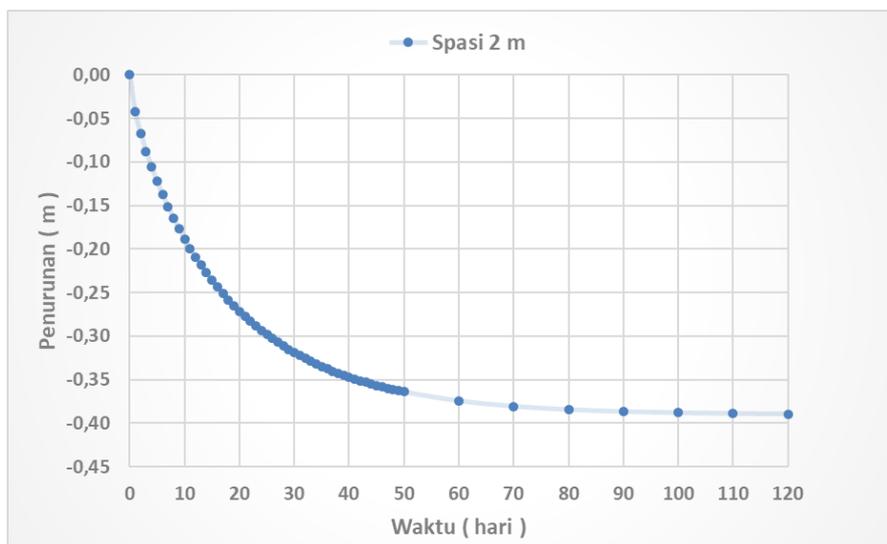
$$S_c = 0,19 \text{ m}$$

Sedangkan untuk *resume* hasil perhitungan dengan berbagai waktu sampai tercapai derajat konsolidasi 90% dengan pola pemasangan PVD segitiga dan spasi 2 m ditampilkan dalam tabel 2

Tabel 2. Perhitungan Penurunan dengan Derajat Konsolidasi 90% untuk Pola Pemasangan PVD Segitiga dengan Spasi 2m

t	t	U_v	$1 - U_v$	Tr	U_r	$1 - U_r$	$U \%$	S
tahun	hari							m
0,000	0	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
0,003	1	0,073	0,927	0,021	0,039	0,961	0,109	-0,043
0,005	2	0,103	0,897	0,041	0,076	0,924	0,172	-0,067
0,008	3	0,127	0,873	0,062	0,112	0,888	0,225	-0,088
0,011	4	0,146	0,854	0,082	0,147	0,853	0,271	-0,106
0,014	5	0,164	0,836	0,103	0,180	0,820	0,314	-0,122
0,016	6	0,179	0,821	0,124	0,212	0,788	0,353	-0,138
0,019	7	0,194	0,806	0,144	0,242	0,758	0,389	-0,152
0,022	8	0,207	0,793	0,165	0,272	0,728	0,422	-0,165
0,025	9	0,220	0,780	0,185	0,300	0,700	0,454	-0,177
0,027	10	0,231	0,769	0,206	0,327	0,673	0,483	-0,188
0,030	11	0,243	0,757	0,227	0,353	0,647	0,510	-0,199
0,033	12	0,253	0,747	0,247	0,378	0,622	0,536	-0,209
0,036	13	0,264	0,736	0,268	0,403	0,597	0,560	-0,219
0,038	14	0,274	0,726	0,288	0,426	0,574	0,583	-0,227
0,041	15	0,283	0,717	0,309	0,448	0,552	0,604	-0,236
0,044	16	0,293	0,707	0,330	0,470	0,530	0,625	-0,244
0,047	17	0,302	0,698	0,350	0,490	0,510	0,644	-0,251
0,049	18	0,310	0,690	0,371	0,510	0,490	0,662	-0,258

0,052	19	0,319	0,681	0,391	0,529	0,471	0,679	-0,265
0,055	20	0,327	0,673	0,412	0,547	0,453	0,695	-0,271
0,058	21	0,335	0,665	0,432	0,565	0,435	0,711	-0,277
0,060	22	0,343	0,657	0,453	0,582	0,418	0,725	-0,283
0,063	23	0,351	0,649	0,474	0,598	0,402	0,739	-0,288
0,066	24	0,358	0,642	0,494	0,614	0,386	0,752	-0,293
0,068	25	0,366	0,634	0,515	0,629	0,371	0,764	-0,298
0,071	26	0,373	0,627	0,535	0,643	0,357	0,776	-0,303
0,074	27	0,380	0,620	0,556	0,657	0,343	0,787	-0,307
0,077	28	0,387	0,613	0,577	0,670	0,330	0,798	-0,311
0,079	29	0,394	0,606	0,597	0,683	0,317	0,808	-0,315
0,082	30	0,401	0,599	0,618	0,695	0,305	0,817	-0,319
0,085	31	0,407	0,593	0,638	0,707	0,293	0,826	-0,322
0,088	32	0,414	0,586	0,659	0,719	0,281	0,835	-0,326
0,090	33	0,420	0,580	0,680	0,730	0,270	0,843	-0,329
0,093	34	0,426	0,574	0,700	0,740	0,260	0,851	-0,332
0,096	35	0,433	0,567	0,721	0,750	0,250	0,858	-0,335
0,099	36	0,439	0,561	0,741	0,760	0,240	0,865	-0,338
0,101	37	0,445	0,555	0,762	0,769	0,231	0,872	-0,340
0,104	38	0,451	0,549	0,783	0,778	0,222	0,878	-0,343
0,107	39	0,456	0,544	0,803	0,787	0,213	0,884	-0,345
0,110	40	0,462	0,538	0,824	0,795	0,205	0,890	-0,347
0,112	41	0,468	0,532	0,844	0,803	0,197	0,895	-0,349
0,115	42	0,474	0,526	0,865	0,811	0,189	0,900	-0,351
0,118	43	0,479	0,521	0,886	0,818	0,182	0,905	-0,353
0,121	44	0,485	0,515	0,906	0,825	0,175	0,910	-0,355



Gambar 1. Grafik penurunan derajat konsolidasi 90% dengan pola segitiga dan spasi 2m.

Dari hasil perhitungan konsolidasi secara alamiah untuk mencapai derajat konsolidasi 90% diperlukan waktu 42 tahun.

Dengan menggunakan PVD waktu penurunan berdasarkan hasil perhitungan untuk mencapai derajat 90% diperoleh waktu

yang cukup cepat dengan perbedaan waktu yang signifikan. Untuk lebih detail dari total waktu penurunan akan ditampilkan dalam gambar 1. Pada gambar 1 menunjukkan bahwa grafik untuk mencapai derajat konsolidasi 90% dibutuhkan waktu 42 hari.

SIMPULAN

Dari hasil penulisan ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan didapat perhitungan penurunan tanah tanpa PVD adalah 0,39 m sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% adalah 26,89 bulan.
2. Hasil perhitungan dengan PVD didapat waktu penurunan untuk mencapai derajat 90 % adalah untuk pola segitiga dengan jarak spasi 2 m waktu penurunan yang dibutuhkan adalah 42 hari atau 0,115 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, (1993), Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, (1992), Mekanika Tanah 1 – 2, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Natural Resources Conservation Service* (NRCS), 2004, Vertical Drain Code No. 630.
- Pasaribu, H.,T dan Iskandar, R., (2012), Tugas Akhir: Analisa Penurunan Pada Tanah Lunak Akibat Timbunan (Studi Kasus Runway Bandara Medan Baru), Universitas Sumatra Utara.
- Sosrodarsono, S., Nakazawa, K., (2000), Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2020, SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, Jakarta.
- Djarwanti, Noegroho, dkk, 2015, “Kompilasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Bor Menggunakan Data SPT dan Hasil Loading Test pada Tanah Granuler”, Jurnal Matriks Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2014, Analisis dan Perancangan Fondasi I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2015, Analisis dan Perancangan Fondasi II, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Surendro, Dr. Bambang, 2015, Rekayasa Fondasi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Muis Abdul, 2019, Perbaikan Tanah Dengan Kombinasi Metode Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain Pada Daerah Sekitar Jembatan Tabalong Kalimantan Selatan, Prosiding Seminar Nasional “Inovasi dan Integrasi dalam Perkembangan Infrastruktur, Universitas Gunadarma, Jakarta.