

Perbaikan Tanah Pondasi Jalan Pakuwon Indah

Mikael Sudarso Nakam ⁽¹⁾

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yos Soedarso, Surabaya; mikael.sudarso@uniyos.ac.id

Masliyah ⁽²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yos Soedarso, Surabaya; masliyah@uniyos.ac.id

Bahtiar Prabowo ⁽³⁾

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yos Soedarso, Surabaya; bahtiar.prabowo@uniyos.ac.id

ABSTRACT

The city of Surabaya as one of the cities in East Java has a strategic role on a national scale as a center for trade and service activities. Surabaya City is 336,063 km² and a population of around 3,230 million, so development is needed in the field of transportation in the form of road facilities and infrastructure, to support the movement. economic growth. to overcome this, a pavement alternative was chosen. The purpose of selecting a soil pavement is to conduct soil analysis on Jalan Pakuwon Indah, Surabaya and adjust the height of the embankment / not consider the decrease and decrease in time on the ground using PVD or using PVD. Based on the soil classification of the Unified Soil Classification System (USCS), soils are divided into coarse-grained soils, namely, soil that is more than 50% stuck in the normal 200 sieves (size 0.075 mm) and fine soil, which is soil that is more than 50%, passes through the sieve number 200 (size 0.075 mm). The main object of this final project is the improvement of the land on the Pakuwon Indah road with a length of 280 meters and a width of 10 meters. Sambi Kerep sub-district, Surabaya. From the results of the pavement planning, it is hoped that it can solve the problems that occur

Keywords: repair, foundation, soil pavement

ABSTRAK

Kota Surabaya sebagai salah satu kota di Jawa timur, memiliki peran strategis pada skala nasional sebagai pusat kegiatan perdagangan dan jasa. Luas Kota Surabaya 336,063 km² dan jumlah penduduk sekitar 3,230 juta jiwa, maka memerlukan pembangunan dalam bidang transportasi berupa sarana dan prasarana jalan, untuk menunjang pergerakan pertumbuhan ekonomi. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dipilih alternatif perkerasan. Tujuan dari pemilihan perkerasan tanah adalah untuk melakukan analisa tanah pada jalan Pakuwon Indah, Surabaya dan merencanakan ketinggian timbunan / mengevaluasi besarnya penurunan serta waktu konsolidasi pada tanah dengan menggunakan PVD maupun tidak menggunakan PVD. Berdasarkan klasifikasi tanah dari Unified Soil Classification System (USCS), tanah dibedakan menjadi tanah berbutir kasar yaitu tanah yang lebih dari 50% tertahan pada ayakan normal 200 (ukuran 0,075 mm) dan tanah halus yaitu tanah yang lebih dari 50% lolos pada ayakan nomor 200 (ukuran 0,075 mm). Objek utama penulisan tugas akhir ini adalah perbaikan tanah di jalan Pakuwon Indah dengan panjang 280 meter dan lebar badan jalan 10 meter. Kecamatan-Sambi Kerep Surabaya. Dari hasil perencanaan perkerasan tanah diharapkan dapat mengatasi masalah yang terjadi.

Kata kunci: perbaikan, pondasi, perkerasan tanah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Surabaya sebagai salah satu kota di Jawa timur, memiliki peran strategis pada skala nasional sebagai pusat kegiatan perdagangan dan jasa. Luas wilayah Kota Surabaya 336,063 km² dan jumlah penduduk sekitar 3,230 juta jiwa, maka memerlukan pembangunan dalam bidang transportasi berupa sarana dan prasarana jalan untuk menunjang pergerakan pertumbuhan

ekonomi. Penelitian ini membahas mengenai perbaikan tanah pondasi jalan Pakuwon Indah, Surabaya.

Dengan panjang jalan 350 m, dan lebar badan jalan 10 m pada jalur sebelah timur. Kondisi tanah dasar di daerah Surabaya, khususnya di wilayah Pakuwon Indah mempunyai lapisan tanah lempung (soft clay) yang tebal dan memerlukan pemadatan yang tinggi bila diberikan pembebanan di atasnya.

Pada kenyataannya tanah lempung bersifat kurang menguntungkan secara teknis untuk mendukung suatu pekerjaan konstruksi, karena tanah lempung memiliki sifat permeabilitas rendah, memiliki kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat yang menyebabkan tanah memiliki penurunan yang besar, dalam waktu yang sangat lama.

Hal ini sering kali menjadi kendala dalam pelaksanaan dalam suatu pekerjaan konstruksi jalan, sehingga perlu di adakan perencanaan perbaikan tanah dasar yang baik agar konstruksi jalan dapat melayani arus lalu lintas sesuai dengan umur rencana.

Ada berbagai macam cara untuk melakukan perbaikan tanah dasar, antara lain meliputi :

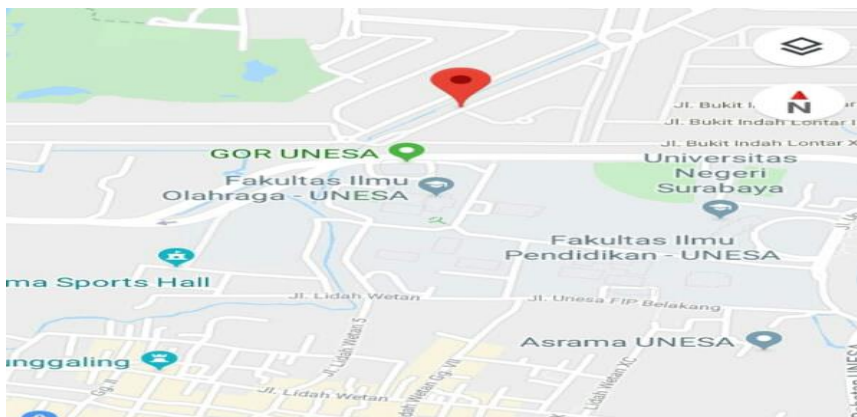
1. Pemberian beban (preloading) dan pengguna vertical drains.
2. Pemberian perkuatan tanah dasar (soil reinforcement)
3. Pemadatan tanah dalam (deep compaction) dengan penumbuk berat dan ledakan
4. Injeksi dan grouting kedalam tanah dengan cara menambah lekatan lem pada tanah
5. Stabilisasi tanah dengan bantuan bahan-bahan kimia yang di campur ke tanah.
6. Stabilisasi cara thermal yaitu memadatkan dengan berat sendiri

Preloading atau pemberian beban awal di lakukan dengan cara memberikan beban, yaitu berupa timbunan sehingga membua tanah lempung akan bermanfaat sebelum konstruksi di dirikan. Sedangkan Per-fabricated vertical drain (PVD) adalah system drainase buatan yang di pasang vertical di dalam lapisan tanah lunak. Yang berfungsi sebagai media aliran air kombinasi system preloading dan pre-fabricated vertical drain. Tujuan PVD adalah untuk memperpendek waktu perbaikan lapisan tanah lempung yang cukup tebal. Penggunaan prefabricatd vertical drain akan menyebabkan terjadinya aliran air pori arah horizontal, Sedangkan aliran vertical menyebabkan air pori, dapat di keluarkan dengan lebih cepat.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisa tanah pada jalan Pakuwon indah Surabaya, merencanakan ketinggian timbunan, mengevaluasi besarnya penurunan serta waktu konsolidasi pada tanah dengan menggunakan PVD maupun tidak menggunakan PVD.

METODE



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Objek utama penulisan tugas akhir ini adalah perbaikan tanah di jalan Pakuwon indah dengan panjang 280 meter dan lebar badan jalan 10 meter kecamatan – Sambu Kerep Surabaya.

Tahapan awal dalam penelitian adalah tahapan persiapan. Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahan data. Dalam tahap awal di

susun hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan mengefektifitas waktu dan pekerjaan. Adapun dalam tahap ini, hal-hal yang perlu dipersiapkan adalah:

1. Studi pustaka untuk menentukn garis besar permasalahan
2. Menentukan kebutuhan data yang akan di gunakan
3. Menggali informasi melalui media internal dan narasumber
4. Survey kelokasi untuk mendapatkan gambaran umum mengenai kondisi lapangan

Persiapan diatas dilakukan dengan cermat untuk memahami bagian-bagian penting dalam pekerjaan perbaikan tanah. Sehingga pekerjaan pada tahap pengumpulan data dan analisa data bias dikerjakan secara maksimal dan efisien.

Data-data yang mendukung dalam penulis tugas akhir ini secara garis besar diperoleh dari pihak lain atau instansi terkait, dengan kata lain menggunakan data yang ada.dalam peroyek pembangunan ruas jalur Pakuwon Indah ini hanya menggunakan data sekunder, yaitu:

1. Data lapangan
 - a. Bore Log
 - b. Data Sondir
2. Data yang didapat dari uji laboraterium .
 - a. Data soil properties berupa *specific gravity*, kohesi (C), studi geser (ϕ), berat isi tanah ($\bar{\omega}$), *water content* (w), *void ratio* (e)
 - b. Data *consolidation test*, data *Atterberg limi*, dan data kadar air
3. Data pendukung.
 - a. Peta lokasi, yaitu peta umum tentang wilaya trase jalan berupa peta kontur
 - b. Peraturan-peraturan yang berlaku
 - c. Grafik dan table yang berhubungan

Proses selanjutnya adalah pengolahan data. Pada tahap ini dilakukan proses pengelolaan data yang diperoleh. Analisa ini meliputi:

1. Analisa Data Tanah
2. Untuk menentukan nilai karakteristik tanah guna menentukan daya dukung tanah dasar terhadap pondasi pekerjaan jalan serta besarnya penurunan akibat beban pada jalan tersebut.
3. Analisa kondisi lapangan lainnya untuk menentukan unsure-unsur lain yang dapat mempengaruhi atau menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan di lokasi tersebut.

Tahapan terakhir adalah analisis data. Urutan langkah-langkah perhitungan / analisa data adalah sebagai berikut:

1. Membuat soil profile (dari data tanah) sepanjang jalan yang akan direncanakan
2. Mensorting data tanah untuk masing-masing parameter tanah
3. sepanjang jalan, embankment yang mempunyai soil profile serupa
4. Membuat kurva hubungan antara H final dan H initial, dengan langkah-langkah:
 - a. Menentukan ketebalan lapisan tanah dari very soft sampe dengan medium stiff.
 - b. Menghitung penurunan lapisan tanah dasar (Sc)
 - c. Menghitung tinggi awal timbunan (H initial)
 - d. Menghitung H bongkar (tinggi timbunan tambahan/ surcharge = beban traffic)
 - e. Menghitung H bongkar (tinggi timbunan tambahan/ surcharge = beban traffic)
 - f. Merencanakan tebal perkerasan pavement (H pav)
 - g. Memilih ukuran dan dimensi Prefabricated Vertical Drain
 - h. Membuat kurva
 - i. Menentukan Hkritis
 - j. Menentukan pentahapan penimbunan.
 - k. Menghitung peningkatan daya dukung lapisan tanah dasar akibat pemampatan.
 - l. Menghitung kembali untuk dicek hitugan settlement dan tahapan penimbunan sudah sesuai
 - m. Menentukan kedalaman PVD yang ekonomis
 - n. Mengulangi langkah no. 5 dan 6 lagi, tetapi hanya untuk lapisan yang dipasang PVD
 - o. Ulangi langkah no. 3b sampai dengan 3d, kemudian dibuat juga kurva hubungan :

HASIL

Uraian hasil penelitian terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu: Perhitungan Settlement, Perencanaan H-Final Dan H-Initial, Perhitungan Koefisien Konsolidasi Gabungan (Cvgab), waktu Konsultasi, Perhitungan Tahap Penimbunan.

Pada bagian perhitungan Settlement, perhitungan terbagi menjadi dua, yaitu: Perhitungan Settlement Akibat Beban Timbunan, dan Perhitungan Settlement Akibat Beban Pavement. Sementara untuk perhitungan koefisien konsolidasi gabungan (cvgab), waktu konsultasi 90% (t90) Dan Derajat Konsolidasi Gabungan (Ugab) terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu: perhitungan koefisien konsolidasi gabungan (Cvgab); perhitungan waktu konsolidasi, perhitungan derajat konsolidasi gabungan (Ugab), perhitungan derajat konsolidasi vertikal(Uy) tanpa PVD, perhitungan derajat konsolidasi gabungan dengan PVD. Sedangkan perhitungan tahap penimbunan terdiri dari: peningkatan Harga Cu pada masing-masing lapisan untuk jarak PVD, pengecekan Cu diakhir Minggu Ke 6 Atau 6 Tahap Tanpa Menunggu, dan Jadwal Tahapan Penimbunan. Detil perhitungan tidak dilampirkan dalam paper ini, tetapi bisa dilihat pada draft lengkap hasil penelitian.

Settlement akibat timbunan dihitung sampai kedalaman 12 meter. Kedalaman perhitungan dilakukan setiap kedalaman 1 meter dengan $q = 3 \text{ t/m}^2, 5 \text{ t/m}^2, 7 \text{ t/m}^2, 9 \text{ t/m}^2$ dan 11 t/m^2 . Data-data perencanaan :

1. q rencana : $3 \text{ t/m}^2, 5 \text{ t/m}^2, 7 \text{ t/m}^2, 9 \text{ t/m}^2$ dan 11 t/m^2 .
2. Material timbunan direncanakan memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut:

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.75 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_t = 1.70 \text{ t/m}^3$$

$$C = 0$$

$$\phi = 30^\circ$$

3. Lebar rencana timbunan (B) = 10,50 meter
4. Kemiringan lereng timbunan (a : h) = 1 : 1,5
5. Kedalaman tanah dihitung sampai kedalaman 12 meter

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan:

1. Lapisan 1 dengan tebal 1 m, titik ditinjau sedalam $z_1 = 0,5 \text{ m}$
2. Selanjutnya mencari nilai pengaruh yang merupakan fungsi dari kedalaman z dan ukuran lebar timbunan atau harga I dengan menggunakan kurva Navfac DM-7, 1970. Didapatkan $I=0,13808 \text{ m}$
3. Selanjutnya Sc dihitung pada tiap kedalaman z_i sampai kedalaman 12 m.
4. Total settlement (Sc_{Cum}) : $Sc_1 + Sc_2 + \dots + Sc_{12}$
5. Sc_{Cum} untuk $q = 3 \text{ t/m}^2$: 0,48529 meter
6. Penurunan konsolidasi untuk $q = 3 \text{ t/m}^2$ akibat timbunan sampai kedalaman 12m senilai 0,48529 m.

Berikutnya adalah melakukan perhitungan settlement akibat beban pavement. Settlement akibat pavement dihitung sampai kedalaman 12 meter. Kedalaman perhitungan dilakukan setiap kedalaman 1 meter dengan $q = 3 \text{ t/m}^2, 5 \text{ t/m}^2, 7 \text{ t/m}^2, 9 \text{ t/m}^2$ & 11 t/m^2 . Lapisan tanah dibagi setiap kedalaman 1 m dan dihitung settlementnya.

Data-data perencanaan :

q rencana : $3 \text{ t/m}^2, 5 \text{ t/m}^2, 7 \text{ t/m}^2, 9 \text{ t/m}^2$ & 11 t/m^2 dengan h timbunan berbeda-beda

Pavement direncanakan memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut:

$$t_{\text{pav}} = 0,55 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{pav}} = 2,10 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} q_{\text{pav}} &= t_{\text{pav}} * \gamma_{\text{pav}} \\ &= 0,55 * 2,10 \\ &= 1,155 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Lebar pavement (B) = 10,50 meter

H timbunan berpengaruh pada nilai z yang dihitung dari permukaan timbunan sampai dengan kedalaman z yang ditinjau.

Penyelesaian untuk $q = 3 \text{ t/m}^2$ pada jalan lebar 10,50 meter.

$$h_{\text{timbunan}} : 1,7647 \text{ m}$$

Lapisan 1 dengan tebal 1 m, titik ditinjau sedalam $z_1 = 0,5 \text{ m}$

Data parameter tanah pada kedalaman z_1 , yaitu :

$$e_o : 1,515$$

$$C_c : 1,081$$

$$C_s : 1/5 C_c$$

$$: 1/5 * 1,081$$

$$: 0,2162$$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &: 1.686 \text{ t/m}^3 \\ P_o &: (\gamma_{\text{sat}} - 1) * Z_1 \\ &: (1.686 - 1) * 0,5 &: 0,343 \text{ t/m}^2 \\ P_c &: P_o + 2 \text{ t/m}^2 (\text{fluktuasi muka air tanah}) \\ &: 0,343 + 2 \text{ t/m}^2 &: 2,343 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Total settlement (Sc}_{\text{Cum}}) : \text{Sc}_1 + \text{Sc}_2 + \dots + \text{Sc}_{12}$$

$$\text{Sc}_{\text{Cum}} \text{ untuk } q = 3 \text{ t/m}^2 : 0,14099 \text{ meter}$$

Penurunan konsolidasi untuk $q = 3 \text{ t/m}^2$ akibat pavement sampai kedalaman 12m adalah sebesar 0,14099 m.

Tahapan berikutnya adalah perencanaan h-final dan h-initial. Perhitungan H-Final, H-Initial dan settlement lapisan tanah terkonsolidasi dilaksanakan sampai kedalaman 12 meter.

Untuk beban q sebesar 3 t/m^2 pada jalan lebar 10,50 meter.

$$\text{Settlement akibat timbunan Sc}_{\text{timb}} : 0,48529 \text{ m}$$

$$\text{Settlement akibat pavement Sc}_{\text{pav}} : 0,14099 \text{ m}$$

Perhitungan H-Bongkar dan grafik :

$$\begin{aligned} \text{H-Initial} &= 2,0502 \text{ m, dari grafik hubungan tebal timbunan Vs Traffic (Japan Road Association, 1986)} \\ \text{diperoleh nilai } \Delta q &: 2,20 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, H-Bongkar} &: \Delta q / \gamma \text{ timbunan} \\ &: 2,20 / 1,7 &: 1,2941 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{H-Final} &: \text{H-Initial} - \text{Sc}_{\text{timbunan}} - \text{Sc}_{\text{pavement}} - \text{H-Bongkar} + \text{H-Pavement} \\ &: 2,0502 - 0,48529 - 0,14099 - 1,2941 + 0,55 &: 0,6798 \text{ m} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk setiap variasi q rencana dari H-Initial dan H-Final perhitungan ditabelkan pada lampiran, dan dibuat grafik-grafik hubungan sebagai berikut :

Grafik hubungan q_i dengan settlement.

Grafik hubungan H-Final dengan H-Initial.

Grafik hubungan H-Final dengan settlement.

Grafik hubungan H-Final dengan H-Bongkar Traffic.

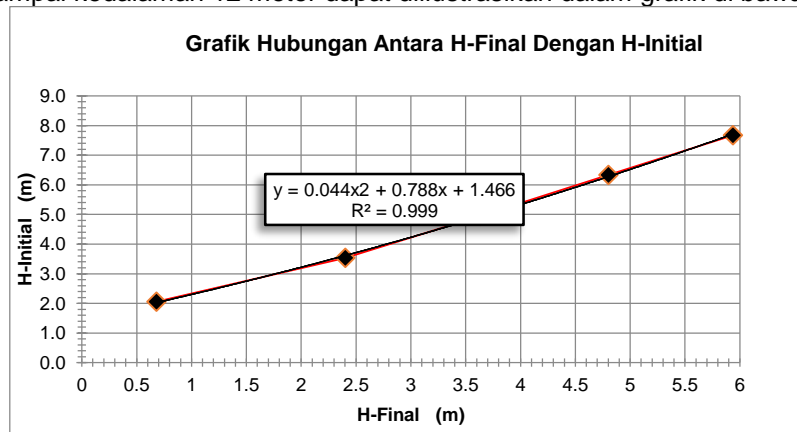
Grafik hubungan H-Initial dengan settlement.

Grafik hubungan H-Initial dengan H-Bongkar Traffic.

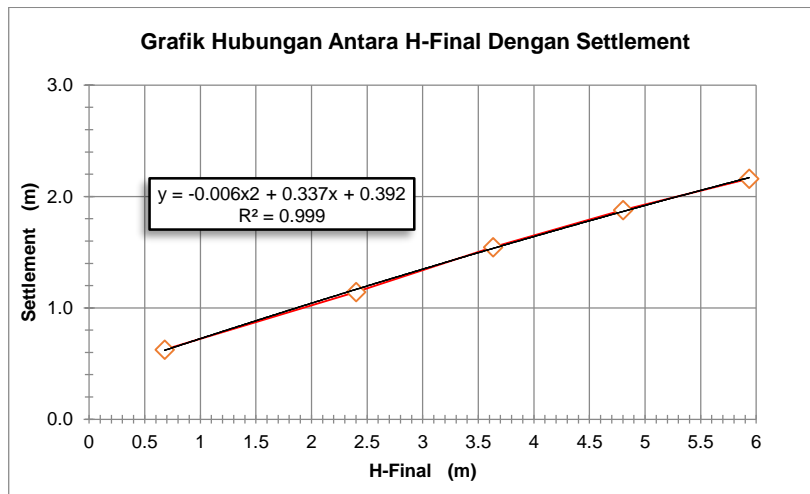
Grafik hubungan q_i dengan H-Initial.

Setiap grafik dicari persamaan regresi polynomial pangkat 2, $y = ax^2 + bx + c$ dilengkapi dengan R^2 -nya

Hubungan antara H-Initial, H-Bongkar Traffic, H-Final dan Settlement untuk lapisan tanah terkonsolidasi sampai kedalaman 12 meter dapat diilustrasikan dalam grafik di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara H-Initial dengan H-Final



Gambar 3. Grafik hubungan antara H-Final dengan Settlement.

Dengan menggunakan persamaan yang dihasilkan dari Grafik pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 maka dapat dicari H-Final dan Sc untuk H-Final yang diinginkan yaitu 2,5m.

Mencari H-inisial untuk H-Final = 1,5 m

$$y : 0,044x^2 + 0,788x + 1,466$$

$$: (0,044 \times 1,5^2) + (0,788 \times 1,5) + 1,466 : 2,747 \text{ m}$$

Mencari Sc akibat H-Final = 1,5 m

$$y : -0,006x^2 + 0,337x + 0,392$$

$$: (-0,006 \times 1,5^2) + (0,337 \times 1,5) + 0,392 : 0,884 \text{ m}$$

Jadi untuk memperoleh H-Final 1,50 m dengan besar pemampatan (Sc) 0,884 m , maka harus diletakkan tinggi timbunan H-Initial 2,747 m.

Berikutnya adalah melakukan perhitungan koefisien konsolidasi gabungan (Cvgab), Waktu Konsolidasi 90% (t90) dan derajat konsolidasi gabungan (Ugab). Cv gab dihitung sampai kedalaman 12 meter dengan menggunakan rumus :

$$Cv \text{ gab} : \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}}\right)^2}$$

Untuk perhitungan dengan kedalaman 0 – 1,5 meter, didapat data-data sebagai berikut :

Hi	: 150 cm
Cvi	: 0,0014 cm ² /det (dari tabel data tanah)
$\sqrt{C_{vi}}$: $\sqrt{0,0014}$: 0,0374cm ² /det
$\frac{H_i}{\sqrt{C_{vi}}}$: $\frac{150}{0,0374}$: 4.008,91863
ΣH_i	: 12 m : 1200 cm
$(\Sigma H_i)^2$: (1200) ² : 1.440.000
$\Sigma \frac{H_i}{\sqrt{C_{vi}}}$: 39848,4344 (dari tabel 3.5)
$\left(\frac{H_i}{\sqrt{C_{vi}}}\right)^2$: 39848,4344 ² : 1587897727.8

Selanjutnya untuk setiap variasi kedalaman lainnya dihitung seperti pada tabel 3.5 dibawah ini, untuk menghitung Cv gab dan Ch gab :

Tabel 1. Harga Cv gab dan Ch gab untuk lapisan tanah terkonsolidasi sampai dengan kedalaman 12 meter.

no.	Kedalaman (m)	Hi (cm)	Cvi (cm ² /dt)	$\sqrt{C_{vt}}$ (cm ² /dt)	$\frac{H_i}{\sqrt{C_{vt}}}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0-1.50	150	0,00140	0,03742	4008,91863
2	1.50 - 3.00	150	0,00140	0,03742	4008,91863
3	3.00 - 4.50	150	0,00090	0,03000	5000,00000
4	4.50 - 6.00	150	0,00090	0,03000	5000,00000
5	6.00 - 7.50	150	0,00098	0,03130	4791,57424
6	7.50 - 9.00	150	0,00098	0,03130	4791,57424
7	9.00 - 10.50	150	0,00060	0,02449	6123,72436
8	10.50 - 12.00	150	0,00060	0,02449	6123,72436
Σ		1200		Σ	39848,4344
ΣH_i^2		1440000		$\Sigma \frac{H_i}{\sqrt{C_{vt}}}$	1587897727,82009

Cv gab =	0,000906859	cm ² /det
Cv gab =	548,4685725	cm ² /minggu

Ch gab = 2*Cv gab	0,001813719	cm ² /det
Ch gab = 2*Cv gab	1096,937145	cm ² /minggu

Keterangan :

Kedalaman : kedalaman lapisan yang ditinjau (meter)

Hi : kedalaman titik yang ditinjau (meter)

Cvi : koefisien konsolidasi (cm²/det, dari tabel data tanah)

$\frac{H_i}{\sqrt{C_{vi}}}$: digunakan untuk menghitung nilai $\Sigma \frac{H_i}{\sqrt{C_{vi}}}$

$$\begin{aligned}
 () \quad C_v \text{ gab} &= \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}}\right)^2} \\
 &= \frac{\Sigma H_i^2}{\left(\frac{H_i}{\sqrt{C_{vi}}}\right)^2} \\
 &= \frac{1440000}{1587897727,82009} \\
 &= 0,000906859 \text{ cm}^2/\text{det}
 \end{aligned}$$

(untuk t = 1 minggu = 7 hari * 24 jam * 60 menit * 60 detik = 604.800 detik)

∴ Cv gab : 0,000906859 * 604.800

: 548,4685725 cm²/minggu

() Ch gab : 2 * Cv gab

: 2 * 548,4685725

: 1096,937145 cm²/minggu

Tabel 2. Variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi.

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	∞

* Uv tetap untuk seluruh kedalaman lapisan

Berikutnya menghitung waktu konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi tanpa PVD didapat dengan rumus :

$$t_{90} = \frac{T_{90} (H_{di})^2}{C_v \text{ gab}}$$

dimana :

T 90% : 0,848 (dari tabel 3.6.)

Hdi : 1200 cm

Cv gab : 548,4685725 cm²/minggu

Sehingga ,

$$\therefore t_{90} : \frac{T_{90\%} (H_{dr})^2}{C_v \text{ gab}}$$

$$: \frac{0,848 * (1200)^2}{548,4685725}$$

$$: 2.226,417449 \text{ minggu} : 46,38 \text{ tahun}$$

Derajat konsolidasi gabungan ditentukan untuk t = 1 minggu sampai dengan t = 30 minggu dengan variasi jarak pemasangan PVD (s) = 0,6 m; 0,8 m; 1 m; 1,2 m dan 1,5 m.

Dilanjutkan dengan perhitungan derajat konsolidasi vertikal (U_v) tanpa PVD.

Contoh perhitungan untuk derajat vertical (U_v) tanpa PVD

C_v gab : 548,4685725 cm²/minggu

H_{dr} : 1200 cm

Untuk t = 1 minggu, didapat :

$$T_v : \frac{t * C_v}{H_{dr}^2}$$

$$: \frac{1 * 548,4685725}{1200^2} : 0,000380881$$

$$U_v : \sqrt{\frac{4 * T_v}{\pi}}$$

$$: \sqrt{\frac{4 * 0,000380881}{3,14}} : 0.022021641$$

T_v dan U_v untuk lapisan tanah terkonsolidasi tanpa PVD, dihitung mulai t = 1 minggu sampai dengan t = 52 minggu (1 tahun). Selanjutnya untuk setiap variasi waktu(t) dihitung seperti pada tabel di atas.

Tabel 3. Derajat konsolidasi untuk lapisan tanah terkonsolidasi sampai dengan kedalaman 12 meter tanpa PVD.

C _v gab	=	0,000906859	cm ² /detik
	=	548,4685725	cm ² /minggu
H _{dr}	=	1200	cm

no.	t (waktu) (minggu)	T _v	U _v	U _v (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1	0,000380881	0,022021641	2,202164143
2	2	0,000761762	0,031143304	3,114330398
3	3	0,001142643	0,038142602	3,814260182
4	4	0,001523524	0,044043283	4,404328286
5	5	0,001904405	0,049241887	4,924188722
6	6	0,002285286	0,053941785	5,394178481
7	7	0,002666167	0,058263787	5,826378669
8	8	0,003047048	0,062286608	6,228660796
9	9	0,003427929	0,066064924	6,606492429
10	10	0,003808810	0,069638545	6,963854474
11	11	0,004189690	0,073037522	7,303752190
12	12	0,004570571	0,076285204	7,628520365
13	13	0,004951452	0,079400157	7,940015735
14	14	0,005332333	0,082397437	8,239743733
15	15	0,005713214	0,085289451	8,528945052
16	16	0,006094095	0,088086566	8,808656572
17	17	0,006474976	0,090797554	9,079755367
18	18	0,006855857	0,093429912	9,342991193
19	19	0,007236738	0,095990110	9,599010957
20	20	0,007617619	0,098483774	9,848377443
21	21	0,007998500	0,100915839	10,091583879
22	22	0,008379381	0,103290654	10,329065403
23	23	0,008760262	0,105612082	10,561208217
24	24	0,009141143	0,107883570	10,788356961
25	25	0,009522024	0,110108207	11,010820716
26	26	0,009902905	0,112288779	11,228877938
27	27	0,010283786	0,114427805	11,442780547
28	28	0,010664667	0,116527573	11,652757338
29	29	0,011045548	0,118590168	11,859016843
30	30	0,011426429	0,120617498	12,061749765
31	31	0,011807310	0,122611310	12,261131037
32	32	0,012188190	0,124573216	12,457321591
33	33	0,012569071	0,126504699	12,650469878
34	34	0,012949952	0,128407132	12,840713183
35	35	0,013330833	0,130281788	13,028178766
36	36	0,013711714	0,132129849	13,212984859
37	37	0,014092595	0,133952415	13,395241535
38	38	0,014473476	0,135750515	13,575051481
39	39	0,014854357	0,137525107	13,752510666
40	40	0,015235238	0,139277089	13,927708948
41	41	0,015616119	0,141007306	14,100730600
42	42	0,015997000	0,142716548	14,271654787
43	43	0,016377881	0,144405560	14,440555989
44	44	0,016758762	0,146075044	14,607504379
45	45	0,017139643	0,147725662	14,772566165
46	46	0,017520524	0,149358039	14,935803896
47	47	0,017901405	0,150972767	15,097276739
48	48	0,018282286	0,152570407	15,257040730
49	49	0,018663167	0,154151490	15,415149002
50	50	0,019044048	0,155716520	15,571651989
51	51	0,019424929	0,157265976	15,726597616
52	52	0,019805810	0,158800315	15,880031470

Tahapan selanjutnya melakukan perhitungan derajat konsolidasi gabungan dengan PVD. Contoh perhitungan derajat konsolidasi gabungan (Ugab) dengan menggunakan PVD.

Ukuran PVD, lebar (a) : 10 cm

Tebal (b) : 0,5 cm

$$dw = \frac{(a+b)}{2} = \frac{(10+0,5)}{2} = 5,25 \text{ cm}$$

Jarak antar PVD (s) : 0,6 m. : 60 cm

Diameter cylinder (D) : 1,13 * s (untuk pola pemasangan PVD segiempat)
: 1,13 * 60 : 67,8 cm

$$\text{Faktor jarak drain (F(N)): } \ln\left(\frac{D}{dw}\right) - \frac{3}{4}$$

$$: \ln\left(\frac{67,8}{5,25}\right) - \frac{3}{4} : 1,8083$$

Kedalaman PVD (Hdr) : 1200 cm

Cv gab : 548,4685725 cm²/minggu

Ch gab : 1096,937145 cm²/minggu

Untuk waktu (t) = 1 minggu

$$Tv = \frac{1 * 548,4685725}{1200^2} : 0,000380881$$

$$Uv = \sqrt{\frac{4 * 0,000380881}{3,14}} : 0.022021641$$

$$: 2,202164 \%$$

$$\bar{U}h : 1 - \frac{1}{e^{\left(\frac{t * 8 * Ch}{D^2 * 2 * F(N)}\right)}}$$

$$: 1 - \frac{1}{e^{\left(\frac{1 * 8 * 1096,937145}{67,8^2 * 2 * 1,8083}\right)}}$$

$$: 0.41012325$$

$$: 41,0123 \%$$

$$U_{gab} : 1 - (1 - Uv) (1 - \bar{U}h)$$

$$: 1 - (1 - 2,202164 \%) (1 - 41,0129 \%) : 42,3113 \%$$

Selanjutnya setiap t = 1 minggu s/d t = 30 minggu ditabelkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Derajat konsolidasi gabungan (Ugab) dengan menggunakan PVD

Pemasangan PVD dengan pola segiempat
Ukuran PVD, a = 10 cm dan b = 0,5 cm
Lebar PVD (a) = 10 cm Tebal (b) = 0,5 cm
dw = (a+b) / 2 = 5,25 cm

Jarak PVD	60	80	100	120	150
D =	67,8	90,4	113	135,6	169,5
F(N) =	1,8083	2,0960	2,3192	2,5015	2,7246

Derajat konsolidasi gabungan untuk ukuran PVD, a = 10 cm, b = 0,5 cm dengan pemasangan PVD pola segiempat

t (minggu)	Tv	U _v (%)	S = 0,6 m		S = 0,8 m		S = 1,0 m		S = 1,2 m		S = 1,5 m	
			U _h (%)	U _{gab} (%)	U _h (%)	U _{gab} (%)	U _h (%)	U _{gab} (%)	U _h (%)	U _{gab} (%)	U _h (%)	U _{gab} (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	0,00038	2,20216	41,01233	42,31133	22,59814	24,30266	13,77137	15,67027	9,09861	9,09896	5,45106	5,45142
2	0,00076	3,11433	65,20454	66,28819	40,08952	41,95533	25,64623	27,96185	17,36937	17,37000	10,60498	10,60566
3	0,00114	3,81426	79,47497	80,25785	53,62817	55,39692	35,88576	38,33125	24,88761	24,88847	15,47795	15,47892
4	0,00152	4,40433	87,89276	88,42600	64,10734	65,68817	44,71517	47,15010	31,72179	31,72283	20,08530	20,08651
5	0,00190	4,92419	92,85822	93,20990	72,21842	73,58643	52,32865	54,67608	37,93416	37,93534	24,44149	24,44293
6	0,00229	5,39418	95,78723	96,01448	78,49654	79,65647	58,89365	61,11100	43,58129	43,58258	28,56023	28,56186
7	0,00267	5,82638	97,51499	97,65977	83,35592	84,32567	64,55456	66,61974	48,71461	48,71597	32,45445	32,45626
8	0,00305	6,22866	98,53415	98,62545	87,11717	87,91960	69,43588	71,33961	53,38086	53,38228	36,13640	36,13835
9	0,00343	6,60649	99,13533	99,19245	90,02845	90,68722	73,64498	75,38612	57,62256	57,62401	39,61764	39,61971
10	0,00381	6,96385	99,48995	99,52547	92,28184	92,81932	77,27442	78,85700	61,47832	61,47978	42,90912	42,91130
11	0,00419	7,30375	99,69913	99,72111	94,02600	94,46232	80,40405	81,83529	64,98325	64,98472	46,02118	46,02344
12	0,00457	7,62852	99,82253	99,83606	95,37601	95,72875	83,10268	84,39169	68,16929	68,17074	48,96359	48,96593
13	0,00495	7,94002	99,89531	99,90362	96,42095	96,70512	85,42967	86,58656	71,06544	71,06687	51,74562	51,74801
14	0,00533	8,23974	99,93825	99,94334	97,22975	97,45801	87,43620	88,47143	73,69808	73,69949	54,37599	54,37843
15	0,00571	8,52895	99,96357	99,96668	97,85577	98,03865	89,16641	90,09040	76,09119	76,09256	56,86298	56,86545
16	0,00609	8,80866	99,97851	99,98041	98,34033	98,48652	90,63834	91,48122	78,26656	78,26789	59,21441	59,21689
17	0,00647	9,07976	99,98733	99,98848	98,71538	98,83202	91,94482	92,67621	80,24400	80,24528	61,45765	61,46015
18	0,00686	9,34299	99,99252	99,99322	99,00568	99,09858	93,05413	93,70308	82,04152	82,04275	63,53971	63,54221
19	0,00724	9,59901	99,99559	99,99601	99,23038	99,30426	94,01067	94,58539	83,67550	83,67668	65,52718	65,52968
20	0,00762	9,84838	99,99740	99,99765	99,40430	99,46297	94,83548	95,34410	85,16080	85,16193	67,40631	67,40880
21	0,00800	10,09158	99,99847	99,99862	99,53892	99,58545	95,54671	95,99611	86,51096	86,51204	69,18302	69,18548
22	0,00838	10,32907	99,99909	99,99919	99,64311	99,67998	96,15999	96,55662	87,73827	87,73930	70,86287	70,86531
23	0,00876	10,56121	99,99947	99,99952	99,72376	99,75294	96,68881	97,03851	88,85392	88,85490	72,45115	72,45356
24	0,00914	10,78836	99,99969	99,99972	99,78619	99,80925	97,14481	97,45283	89,86806	89,86899	73,95285	73,95523
25	0,00952	11,01082	99,99981	99,99983	99,83450	99,85273	97,53800	97,80909	90,78992	90,79080	75,37270	75,37504
26	0,00990	11,22888	99,99989	99,99990	99,87190	99,88629	97,87706	98,11544	91,62791	91,62874	76,71515	76,71745
27	0,01028	11,44278	99,99994	99,99994	99,90085	99,91220	98,16941	98,37888	92,38966	92,39044	77,98442	77,98668
28	0,01066	11,65276	99,99996	99,99997	99,92336	99,93220	98,42151	98,60545	93,08209	93,08283	79,18450	79,18672
29	0,01105	11,85902	99,99998	99,99998	99,94060	99,94764	98,63889	98,80030	93,71153	93,71222	80,31916	80,32134
30	0,01143	12,06175	99,99999	99,99999	99,95402	99,95957	98,82633	98,96790	94,28369	94,28434	81,39198	81,39410

Keterangan :

t : waktu untuk mencapai konsolidasi gabungan (minggu)

Tv : faktor waktu

$$: \frac{t * C_v}{H_{dr}^2}$$

Uv : derajat konsolidasi rata-rata akibat aliran air arah vertical.

$$: \sqrt{\frac{4 * T_v}{\pi}}$$

Uh : derajat konsolidasi rata-rata akibat aliran air arah horizontal untuk jarak PVD = 0,60 m.

$$: 1 - \frac{1}{e^{\left(\frac{t * 8 * Ch}{D^2 * 2 * F(N)\right)}}$$

Ugab : derajat konsolidasi rata-rata untuk kombinasi gabungan akibat aliran air arah vertical dan aliran air arah horizontal untuk jarak PVD = 0,60 m.

$$: 1 - (1 - \bar{U}_v) (1 - \bar{U}_h)$$

(6,8,10,12) : derajat konsolidasi rata-rata akibat aliran air arah horizontal untuk jarak PVD = 0,80 m; 1,00 m; 1,20 m dan 1,50 m.

(7,9,11,13) : derajat konsolidasi rata-rata untuk kombinasi gabungan akibat aliran air arah vertical dan aliran air arah horizontal untuk jarak PVD = 0,80 m; 1,00 m; 1,20 m dan 1,50 m.

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan tahap penimbunan. Tahap penimbunan dilakukan dengan perhitungan sehingga tidak menyebabkan kelongsoran pada tanah timbunan tersebut sampai ketinggian yang diharapkan. Langkah perhitungan tahapan penimbunan dijelaskan dengan contoh berikut ini:

H-Initial diperoleh dari persamaan kuadrat.

Mencari H-initial untuk H-Final = 1,5 m

$$y : 0,044x^2 + 0,788x + 1,466$$

$$: (0,044 \times 1,52) + (0,788 \times 1,5) + 1,466 : 2,747 \text{ m}$$

: diambil untuk pelaksanaan 3,00 m

Mencari Sc akibat H-Final = 1,5 m

$$y : -0,006x^2 + 0,337x + 0,392$$

$$: (-0,006 \times 1,52) + (0,337 \times 1,5) + 0,392 : 0,884 \text{ m}$$

Jadi untuk memperoleh H-Final 1,5 m dengan besar pemampatan (Sc) 0,884 m , maka harus diletakkan tinggi timbunan H-Initial 2,747 m.

Peningkatan Cu yang diperhitungkan sedalam 3 – 4 H-Initial.

$$\text{Diambil } 3,25 \times \text{H-Initial} : 4 * 3,00 : 12,00 \text{ m}$$

Kecepatan penimbunan direncanakan 0,50 cm/minggu

Lapisan tanah yang ditinjau harga Cu-nya adalah lapisan tanah 1, 2, 3 dan 4.

Data Cu sampai kedalaman 3,5 * H-Initial

Cu lapisan 1 : 0,05 kg/cm²

Cu lapisan 2 : 0,08 kg/cm²

Cu lapisan 3 : 0,09 kg/cm²

Cu lapisan 4 : 0,25 kg/cm²

$$\Sigma : 0,47 \text{ kg/cm}^2, \text{ Cu awal rata-rata} = \frac{0,47}{4} : 0,118 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{H-kritis awal} : \frac{Cu \text{ awal rata-rata} * Nc}{\gamma \text{ timbunan} * SF}$$

Dimana :

Nilai Cu awal rata : 0,1175 kg/cm²

$$: 1,175 \text{ t/m}^2$$

Nc (bila ϕ tanah dasar = 0) : 5,7 (dari tabel 3.9. nilai faktor daya dukung Terzaghi)

γ timb : 1.70 t/m³

SF : 1,5 (direncanakan)

Tabel 4. Faktor daya dukung Terzaghi..

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

H-kritis awal : $\frac{1,18 * 5,7}{1,70 * 1,5}$: 2,626 m

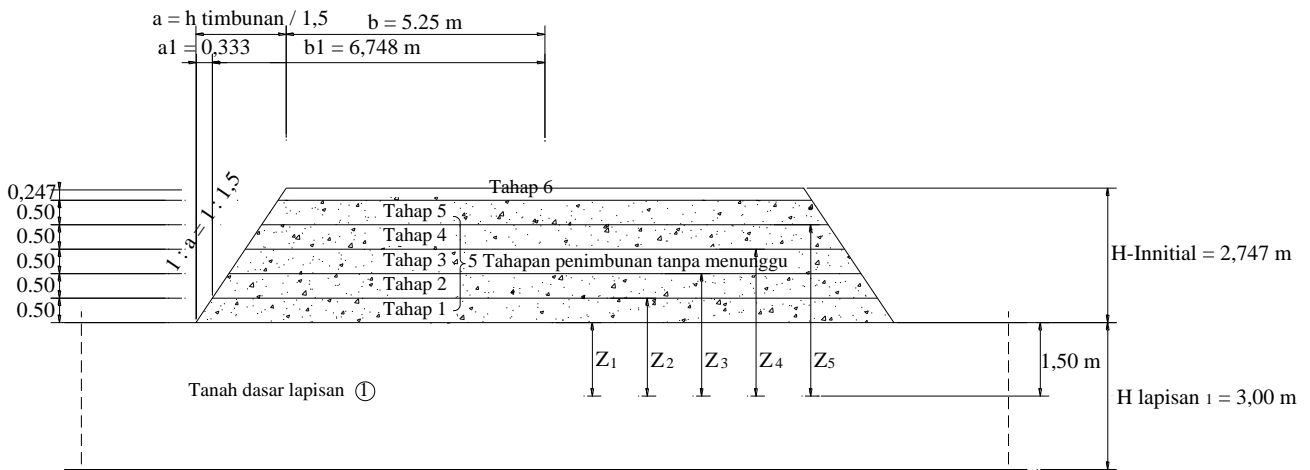
Jml. tahap tanpa menunggu : $\frac{H-kritis awal}{tebal rencana penimbunan perminggu}$

: $\frac{2,626}{0,5}$

: 5,2529 ~ : 5 tahap.

Tinggi timbunan 'n' awal : $5 * 0,5$ m : 2,5 m.

Peningkatan Harga Cu Pada Masing-Masing Lapisan Untuk Jarak PVD = 0,60 m.



Gambar 4. Gambar Tahapan Penimbunan Terhadap Lapisan Tanah Dasar 1

Berdasarkan bidang longsor maka lapisan yang ditinjau adalah tiap lapisan.

Contoh untuk perhitungan pada tanah lapisan 1. (0,00 m – 3,00 m).

H lapisan : 3,00 m

γ timbunan : 1,70 t/m³

γ sat : 1,686 t/m³

e_o : 1,515

C_c : 1,081

C_s : $1/5 * 1,081$: 0,2162

C_u awal rata : 1,175 t/m²

Jarak PVD (s) : 0,6 m (direncanakan).

Untuk penimbunan tahap 1 : (0 – 0,5 m)

Umur t : 5 minggu

z_1 : $0 + \frac{1}{2} H$. Lapisan tanah asal 1

: $0 + (\frac{1}{2} * 3)$: 1,50 m

a_1 : $\frac{tebal urugan pertahap}{perbandingan sisi miring}$

: $\frac{0,50}{1,50}$: 0,333 m

$$\begin{aligned}
 b_1 &: \left(5,25 + \left(\frac{2,747}{1,50}\right)\right) - a_1 \\
 &: \left(5,25 + \left(\frac{2,747}{1,50}\right)\right) - 0,333 && : 6,7480 \text{ m} \\
 b/z_1 &: \frac{6,7480}{1,50} \\
 &: 4,987 \\
 a/z_1 &: \frac{0,333}{1,5} \\
 &: 0,222 \\
 \Delta p_1 &: 2 * I * q \\
 &: 2 * 0,50 * (0,5 * 1,70) && : 0,85 \text{ t/m}^2 \\
 P_o' &: (\gamma_{\text{sat}} - 1) * Z_1 \\
 &: (1,686 - 1) * 1,5 && : 1,029 \text{ t/m}^2 \\
 \sigma_1 &: \Delta p_1 + P_o' \\
 &: 0,85 + 1,029 && : 1,879 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

} Dari Kurva Navac I : 0,50

U gab (t = 5 minggu) : 93.2099 % < 100 %, maka :

$$\begin{aligned}
 \Delta p(1) U(1) &: \left(\left(\frac{\sigma_{(1)'}}{P_o'}\right)^{U(1)} * P_o'\right) - P_o' \\
 &: \left(\left(\frac{1,879}{1,029}\right)^{0,9321} * 1,029\right) - 1,029 && : 0,775 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\Delta p(2) U(2) : \left(\left(\frac{\sigma_{(2)'}}{\sigma_{(1)'}}\right)^{U(2)} * \sigma_{(1)'}\right) - \sigma_{(1)'}$$

Sehingga :

$$\Delta p(n) U(n) : \left(\left(\frac{\sigma_{(n)'}}{\sigma_{(n-1)'}}\right)^{U(n)} * \sigma_{(n-1)'}\right) - \sigma_{(n-1)'}$$

$$\begin{aligned}
 \sum (\Delta p(n) U(n)) &: \Delta p(1) U(1) + \Delta p(2) U(2) + \Delta p(3) U(3) + \Delta p(4) U(4) + \Delta p(5) U(5) \\
 &: 0,775 + 0,727 + 0,643 + 0,520 + 0,318 : 2,982 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)

Kemudian dihitung :

$$\begin{aligned}
 \sigma' \text{ baru} &: P_o' + \sum (\Delta p(n) U(n)) \\
 &: 1,029 + 2,982 : 4,0114 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{PI} : 25,86 \% \text{ (dari tabel data test tanah)} : 0.2586$$

$$\text{Cu baru} : 0,74 + (0,19 - 0,0016 * \text{PI}) * \sigma' \text{ baru}$$

$$\text{Cu baru lapisan 1} : 0,74 + (0,19 - 0,0016 * 0.2586) * 4,0313 : 1.5005 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Cu baru lapisan 2} : \text{(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)} : 1.8351 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Cu baru lapisan 3} : \text{(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)} : 2,1399 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Cu baru lapisan 4} : \text{(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)} : 2,4570 \text{ t/m}^2$$

$$\sum : 7,9325 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Cu baru rata-rata} : 7,9325 / 4 : 1,9831 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{H-Kritis baru} &: \frac{\text{Cu awal rata-rata} * N_c}{\gamma \text{ timbunan} * SF} \\
 &: \frac{1,9831 * 5,7}{1,7 * 1,5} : 4,4329 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

H-Kritis baru = 4,4329 m > H-Innitial = 2,50 m (Tahap penimbunan selanjutnya dapat dilanjutkan).

Perhitungan settlement setelah 5 tahap timbunan (t = 5 minggu) tanpa menunggu dengan pendekatan persamaan grafik hubungan H-Innitial dengan settlement.

$$\text{Persamaan kuadrat } y : -0.0164x^2 + 0.4305x - 0.1830$$

$$\text{Untuk } x \text{ (H-Innitial)} : 5 * 0,5 \text{ m} : 2,50 \text{ m}$$

$$\text{Sc } 100 \% = y : -0.0164(2,50)^2 + 0.4305(2,50) - 0.1830 : 0,7908 \text{ m}$$

$$\text{U gab (t = 5 minggu)} : 93.2099 \% : 0,932099$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk Sc (t = 5 minggu)} &: \text{Sc } 100 \% * \text{U gab (t = 5 minggu)} \\
 &: 0,7908 * 0,932099 : 0,7371 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H-Final setelah 5 minggu} &: \text{H-Innitial (t = 5 minggu)} - \text{Sc (t = 5 minggu)} \\
 &: 2,50 - 0,7371 : 1,7629 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta \text{H-Kritis} &: (\text{H-Kritis baru}) - (\text{H-Final setelah 5 minggu}) \\
 &: 4,4329 - 1,7629 : 2,670 \text{ m} \\
 &: 2,670 \text{ m} > 0,5 \text{ m (ok)}
 \end{aligned}$$

Berikutnya adalah pengecekan Cu di Akhir Minggu Ke 6 atau 6 Tahapan Tanpa Menunggu Contoh untuk perhitungan pada tanah lapisan 1. (0,00 m – 3,00 m).

$$Po' : (1,686 - 1) * 1,5 : 1,029 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_1 : 0,85 + 1,029 : 1,879 \text{ t/m}^2$$

$$U \text{ gab (t = 6 minggu) : } 96.01448\% < 100 \%,$$

maka :

$$\Delta p(1) U(1) : \left(\left(\frac{1,879}{1,029} \right)^{0,9601448} * 1,029 \right) - 1,029 : 0,805 \text{ t/m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \sum (\Delta p(n) U(n)) &: \Delta p(1) U(1) + \Delta p(2) U(2) + \Delta p(3) U(3) + \dots + \Delta p(n) U(n) \\ &: 0,805 + 0,774 + 0,716 + 0,639 + 0,508 + 0,309 : 3,752 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)

Kemudian dihitung :

$$\sigma' \text{ baru} : 1,029 + 3,752 : 4,7807 \text{ t/m}^2$$

$$PI : 25,86\% \text{ (dari tabel data test tanah) } : 0.2586$$

$$Cu \text{ baru} : 0,74 + (0,19 - 0,0016 * PI) * \sigma' \text{ baru}$$

$$Cu \text{ baru lapisan 1} : 0,74 + (0,19 - 0,0016 * 0.2586) * 4,8116 : 1.6463 \text{ t/m}^2$$

$$Cu \text{ baru lapisan 2} : \text{(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)} : 1.9547 \text{ t/m}^2$$

$$Cu \text{ baru lapisan 3} : \text{(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)} : 2,2361 \text{ t/m}^2$$

$$Cu \text{ baru lapisan 4} : \text{(dari hasil perhitungan yang ditabelkan)} : 2,5365 \text{ t/m}^2$$

$$\sum : 8,3737 \text{ t/m}^2$$

$$Cu \text{ baru rata-rata} : 8,3737 / 4 : 2,0934 \text{ t/m}^2$$

$$H\text{-Kritis baru} : \frac{2,0934 * 5,7}{1,7 * 1,5} : 4,6794 \text{ m.}$$

$$H\text{-Kritis baru} = 4,6794 \text{ m} > H\text{-Initial} = 3,00 \text{ m (Tahap penimbunan selanjutnya dapat dilanjutkan)}$$

Perhitungan settlement setelah 6 tahap timbunan (t = 6 minggu) tanpa menunggu dengan pendekatan persamaan grafik hubungan H-Initial dengan settlement.

$$\text{Persamaan kuadrat y} : -0.0164x^2 + 0.4305x - 0.183$$

$$\text{Untuk x (H-Initial)} : 6 * 0,5 \text{ m} : 3,00 \text{ m}$$

$$Sc \text{ 100\%} = y : -0.0164(3,00)^2 + 0.4305(3,00) - 0.1830 : 0,9609 \text{ m}$$

$$U \text{ gab (t = 6 minggu) : } 96,014\% : 0,96014$$

$$\text{Untuk Sc (t = 6 minggu) : } 0,9630 * 0,96014 : 0,9226 \text{ m}$$

$$H\text{-Final setelah 6 minggu} : 3,00 - 0,9226 : 2,0774 \text{ m}$$

$$: 2,0774 \text{ m} > 1,50 \text{ m (H-Final rencana)}$$

Tabel perhitungan settlement akibat timbunan bertahap sampai dengan H-Initial = 4 meter dapat dilihat di lampiran.

Jadwal tahapan penimbunan dapat dilihat pada tabel berikut:

Jadwal Tahapan Penimbunan

Kemiringan	:	1 : 1,5	Ukuran PVD	:	a : 10 cmb : 0,5 cm
H-Kritis	:	2,626 m	Pola pemasangan	:	Segi empat
Lebar Timbunan (B)	:	10,50 m	Jarak PVD	:	0,60 m

Bar-Chart tahapan penimbunan :

no.	Tahapan n	Tahap n	Minggu					
			1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Tanah asli								
1	0.0 - 0.5	1.0						
2	0.5 - 1.0	2.0						
3	1.0 - 1.5	3.0						
4	1.5 - 2.0	4.0						
5	2.0 - 2.5	5.0						
6	2.5 - 3.0	6.0						

legenda : : Pekerjaan timbunan
x : Penundaan pekerjaan timbunan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisa data pekerjaan perbaikan tanah dasar dengan metode kombinasi Preloading dan PVD dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh H-Final rencana sebesar 1,50 m maka tinggi timbunan awal (H-Initial) yang dibutuhkan adalah sebesar 2,747 m dengan besar pemampatan yang harus dihilangkan adalah sebesar 0,884 m.
2. Tanpa PVD waktu untuk menghilangkan pemampatan sebesar 0,884 m, untuk mencapai derajat konsolidasi 90% ($U=90\%$) adalah selama 34,81 tahun.
3. Dengan pemakaian PVD ukuran 10 x 0,5 cm dengan pola pemasangan segi empat dan jarak pemasangan (S) 0,60 m, maka waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% ($U=90\%$) adalah selama 5 minggu.
4. Penimbunan dilakukan bertahap dengan kecepatan penimbunan yaitu 0,5m/minggu. Pentahapan penimbunan menghasilkan peningkatan daya dukung (C_u) tanah asli yaitu sebesar 2,0934 t/m² atau ada peningkatan nilai C_u sebesar 78,16 %.

Saran yang dapat diberikan adalah metode perbaikan tanah dengan metode preloading dan PVD sangat disarankan untuk memperbaiki tanah dasar di lokasi jalan Pakuwon indah surabaya, karena dari hasil analisa data diatas sudah dapat diketahui bahwa metode perbaikan tanah tersebut dapat bekerja secara bersama-sama untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar sebesar 78,16 %. dengan waktu yang singkat yaitu 5 minggu

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Braja M Das, Noor Endah, Indrasurya B moctar. 1988. **Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis)** Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- 2) Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. **Pekerjaan Tanah Dasar, Buku 1**. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum..
- 3) Janbu Bjerrum dan Kjaernsi 1956. **Penurunan Konsolidasi (Penurunan Primer)Sc**
- 4) **Terzaghi 1925. Besar Penurunan Konsolidasi**
- 5) Gouw Tjie Liong. 1995. **Prakompresi Dengan Vertikal Drain Sintetis**. Jurnal Geoteknik, (online), volume 1, No. 1, (<http://www.eprints.binus.ac.id>, diakses 26 september 2013)
- 6) Jurgenson 1934. (Mekanika Tanah) jilid 1, Berja M.Das
- 7) Rizkiyati Amalia Zhuraida. 2010. **Evaluasi Perencanaan Dan Desain Ulang Konstruksi Timbunan Tanah Diantara 2 Box-Tunnel Ruas Jalan Merr-II C**. Skripsi. Surabaya. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS.
- 8) Suyono Sosrodarsonom dan Kazuto Nakazawa. 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta: PT Pradya Paramita