

ANALISA PERKUATAN EMBANKMENT DI ATAS TANAH LUNAK (STUDI KASUS PERUMAHAN PAKUWON CITY SURABAYA)

Oleh :

Diana Debora¹, Siswoyo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jl. Dukuh Kupang XXV/54, Surabaya 60225 Indonesia

ABSTRAK

Problema utama pembangunan Perumahan Pakuwon City pada tanah lempung lunak adalah daya dukung tanah yang relative rendah. Sebagian besar pekerjaan adalah pekerjaan timbunan. Pada pelaksanaannya banyak dijumpai material yang memiliki berat kering volume yang lebih besar dari spesifikasi proyek yaitu 1,8 kg³, dan dari adanya material yang bervariasi berat keringnya akan memiliki waktu cepat pemampatan yang bervariasi pula, sehingga perlu adanya pengkajian yang lebih lanjut. Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengkaji waktu konsolidasi dari material-material tanah preloading yang memiliki berat volume kering lebih dibanding spesifikasi proyek dan banyak dijumpai di lapangan, kemudian perbedaan waktu konsolidasi timbunan tersebut dibandingkan dengan waktu konsolidasi perencanaan awal yang telah ditetapkan. Hasil dari penelitian ini adalah dari adanya perbedaan material preloading didapatkan waktu pemampatan yang lebih cepat sehingga akan didapatkan efisiensi waktu, biaya dan keuntungan lainnya.

Kata kunci : *preloading*, metode PVD, Perumahan Pakuwon City

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi diatas tanah lempung lunak memerlukan memerlukan beberapa metode untuk menyelesaikan masalah rendahnya tingkat daya dukung dan lamanya waktu konsolidasi. Peningkatan daya dukung tanah dapat dilakukan dengan penimbunan bertahap dan perkuatan tanah dengan cerucuk, sedangkan konduktifitas, PVD dapat digunakan untuk mempercepat proses disipasi air pori akibat peristiwa pembebanan. Cerucuk kayu galam – PVD (*hybrid pile*) sebagai suatu terobosan baru dalam rekayasa perbaikan dan perkuatan tanah diharapkan mampu meningkatkan daya dukung tanah dan mempercepat proses konsolidasi (hardiyatno,2012).

Umumnya tanah lunak mempunyai kemampuan dukung rendah (biasanya dinyatakan dengan nilai CBR) dengan nilai CBR < 3, sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah agar tanah mampu untuk mendukung beban diatasnya. Pemilihan teknik perbaikan tanah umumnya dilakukan berdasarkan formasi geologi dari lapisan tanah, karakteristik tanah, biaya dan ketersediaan

material serta pengalaman. Salah satu teknik perbaikan tanah yang sering digunakan dalam permasalahan tanah adalah pembebanan awal (*preloading*) dan penggunaan drainase vertikal (*vertical drain*). Pembebanan awal atau *preloading* adalah metode perbaikan tanah dengan cara memberikan tambahan beban pada lokasi dimana akan dibangun konstruksi permanen hingga proses konsolidasi yang diinginkan tercapai, yaitu tercapainya penurunan primer (*primary settlement*). Ketika proses konsolidasi berlangsung, kekuatan geser tanah pun turut meningkat sehingga dapat memungkinkan penambahan beban (Rosmiyati A. Bella 2011). Namun, dengan ketatnya jadwal pelaksanaan suatu pekerjaan pembangunan maka metode *preloading* ini tidak layak digunakan sendiri. Oleh karena itu, system drainase vertikal atau *vertical drain* mulai diperkenalkan untuk mempercepat waktu konsolidasi dengan mengurangi panjang dari jalur aliran pada lapisan tanah lunak. Sistem ini umumnya digunakan sebagai pengganti *sand drain*. Pada kajian ini akan dianalisis tentang kecepatan penurunan konsolidasi dan masalah stabilitas timbunan di atas tanah lunak akibat dari

ANALISA PERKUATAN EMBANKMENT DI ATAS TANAH LUNAK (STUDI KASUS PERUMAHAN PAKUWON CITY SURABAYA)

(Debora, Siswoyo)

metode prapembebanan dan drainase vertical (Rosmiyati A. Bella 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektifitas hybrid pile dengan melakukan simulasi pemodelan timbunan jalan dan perumahan secara beban bertahap dan melakukan analisa menggunakan PHD (*Prefabrication Horizontal Drain*) dan PVD (*Prefabrication Vertical Drain*). Serta Analisis menggunakan metode elemen hingga dilakukan untuk memperkirakan besar penurunan dan setelahnya dilakukan pengujian trial embankment dilapangan.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang diatas, diperoleh suatu permasalahan yang timbul pada penulisan Tugas Akhir, yaitu bagaimana merencanakan dan metode pembuatan perkuatan tanah, konsolidasi dengan atau tanpa PHD (*Prefabrication Horizontal Drain*) dan PVD (*Prefabrication Vertical Drain*), serta memperkirakan besar penurunan dan setelahnya dengan memakai pengujian trial embankment pada timbunan di Perumahan Pakuwon City Surabaya.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka permasalahan yang ditinjau adalah :

- 1) Berapa lama konsolidasi yang terjadi jika menggunakan PVD (*Prefabrication Vertical Drain*) dan PHD (*Prefabrication Horizontal Drain*) yang tidak menggunakannya?
- 2) Bagaimana waktu percepatan penurunan tanah yang terjadi dapat mempengaruhi percepatan pelaksanaan pekerjaan ?
- 3) Berapa besar keuntungan dalam bentuk Rupiah yang dapat diperoleh jika pekerjaan bisa dipercepat dari rencana jadwal yang sudah ditentukan ?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Dari perencanaan yang dilakukan ini mempunyai maksud dan tujuan sebagai berikut :

- 1) Mengetahui lama konsolidasi yang terjadi dengan menggunakan PVD (*Prefabrication Vertical Drain*) dan PHD (*Prefabrication Horizontal Drain*) serta tanpa menggunakannya.
- 2) Pengaruh percepatan penurunan tanah yang terjadi terhadap percepatan pelaksanaan pekerjaan.

- 3) Besarnya keuntungan yang dapat diperoleh jika pekerjaan bisa dipercepat dari rencana jadwal yang sudah ditentukan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah :

- 1) Mencari efektifitas untuk pekerjaan di daerah Surabaya yang diatas tanah lunak yang memiliki kontur tidak merata, selain itu, banyak ditemukan elevasi tanah yang terlalu rendah atau curam, sehingga diperlukan rekayasa timbunan yang kuat.
- 2) Dapat mengetahui dan mengerti tentang mempercepat proses konsolidasi sehingga dapat mempermudah pekerjaan konstruksi dan menghemat waktu pekerjaan.

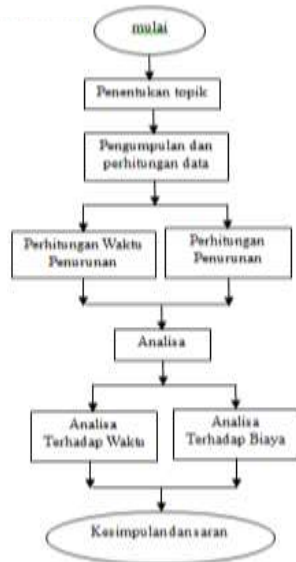
1.6 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Faktor –faktor yang mempengaruhi dalam suatu perencanaan biasanya banyak sekali sehingga menjadi hambatan tersebut maka kami mengadakan suatu batasan serta pengendalian masalah melingkupi :

- 1) Data yang digunakan untuk perencanaan perkuatan timbunan menggunakan data sekunder dari konsultan perencanaan.
- 2) Peneliti mengambil perencanaan yang berbeda dengan konsultan
- 3) Tidak merencanakan pondasi, struktur jalan pelabuhan, gedung dan system drainase pada perumahan Pakuwon City.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Berfikir



Gambar 2.1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir

2.4 Konsep Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kasus penelitian yang menganalisis dan mengidentifikasi tentang masalah embankment di atas tanah lunak di Perumahan Pakuwon City Surabaya. Penelitian ini mengacu pada menganalisis dan mengidentifikasi tentang kondisi tanah lunak dan cara yang paling cepat dalam proses konsolidasi dalam tanah lunak. Penelitian ini pun menggunakan metode optimasi.

2.6 Metode Pengumpulan Data

2.6.1 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak langsung memberikan data kepada peneliti, misalnya penelitian harus melalui orang lain atau mencari melalui dokumen. Data ini diperoleh dengan menggunakan studi literatur yang dilakukan terhadap banyak buku dan diperoleh berdasarkan catatan – catatan yang berhubungan dengan penelitian, selain itu peneliti mempergunakan data yang diperoleh dari internet.

Studi literature dilakukan dengan mendalami materi mengenai kekuatan tanah, tinggi kritis timbunan, penurunan tanah, metode perbaikan tanah dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*.

Dokumen dan data tanah yang digunakan adalah data sekunder yang berasal dari data proyek

Perumahan Pakuwon City yang berupa Data Tanah Konsolidasi.

3. PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA DATA

Jenis data yang digunakan dalam Proposal Tugas Akhir ini bersifat studi kasus, yaitu jenis data sekunder yang bersumber langsung dari Owner.

3.1 Teknik Pengolahan Data

- 1) Pembuatan Soil Profile
Pembuatan soil profile dilakukan dengan menyajikan hasil pengolahan data lapangan dan laboratorium ke dalam gambar untuk memudahkan pembuatan model tanah (Kevin Timotius Diaz Harnanto Putra, 2015).
- 2) Analisis Kekuatan Tanah
Analisis kekuatan tanah dilakukan untuk menentukan tinggi elevasi rencana. Apabila elevasi yang diinginkan belum tercapai dengan sekali penimbunan, dilakukan penimbunan tahap selanjutnya.
- 3) Penghitungan Penurunan Tanah
Penghitungan penurunan tanah dilakukan untuk mengetahui penurunan tanah akibat penimbunan yang dilakukan. Elevasi akhir setelah timbunan didapat setelah mengurangi penurunan tanah dari penjumlahan elevasi awal dengan tinggi timbunan kritis.
- 4) Perencanaan Kebutuhan Prefabricated Vertical Drain (PVD)
Perencanaan kebutuhan PVD dilakukan dengan memperhitungkan waktu yang disediakan dengan banyaknya tahap timbunan sehingga persiapan lahan dapat selesai sesuai dengan waktu yang direncanakan. Tanah direncanakan sudah mencapai kondisi terkonsolidasi dalam waktu yang sudah ditentukan.
- 5) Perbandingan Hasil dan Analisis
Perbandingan hasil dan analisis dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dengan Excel.

4. Pembahasan Hasil

4.1 Data Teknis

Untuk dapat melakukan perhitungan konsolidasi, diperlukan data-data yang dapat menjelaskan karakteristik tanah dasar pada pelaksanaan pekerjaan Lapangan Penumpukan. Untuk itu diperlukan *soil investigation* seperti pengetesan

ANALISA PERKUATAN EMBANKMENT DI ATAS TANAH LUNAK (STUDI KASUS PERUMAHAN PAKUWON CITY SURABAYA)

(Debora, Siswoyo)

SPT, *instrument control* tanah, dan analisa pembagian butir tanah.

Pengambilan beberapa titik sample *soil investigation* di area Lapangan. Agar area Lapangan karakteristik tanah eksistingnya bisa terwakili maka dilakukan empat titik borelog yaitu B1, B2, B3, dan B4 seperti terlihat pada gambar 4.1. Masing – masing hasil pengambilan *sample* tersebut hasilnya dapat dilihat pada lampiran. Dari pengambilan beberapa titik sample *soil investigation* di area Lapangan, dapat diambil rerata hasil *Borelog* seperti pada tabel 4.1.

Dengan hasil rerata SPT data teknis pada tabel 4.1, dapat dilakukan perhitungan perencanaan konsolidasi dan waktu konsolidasi agar dapat memberikan gambaran tentang penurunan maupun masa tunggu penurunan yang akan terjadi di Lapangan.

Tabel 4.1. Tegangan Efektif Preloading (Δp) $\gamma_d = 1,912 \text{ kg/m}^3$

Kedalaman z (m)	Tebal Lapisan Ho (m)	Pukulan SPT (N)	Angka Pori e _o	Berat Jenis Tanah γ (Kg/m ³)	Koefisien Konsolidasi Cv (Cm ² /s)	Indeks Kompresi Cc
2	2	-	1.454	1.64	0.00097	1.500
4	2	3	1.622	1.59	0.00076	1.227
6	2	2	1.614	1.59	0.00077	1.278
8	2	3	1.622	1.59	0.00076	1.227
10	2	9	1.497	1.73	0.00104	1.500
12	2	11	1.478	1.74	0.00105	1.620
14	2	13	1.460	1.81	0.00110	1.710
16	2	13	1.460	1.81	0.00110	1.710
18	2	16	1.437	1.87	0.00118	1.830

Sumber : data proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya

Berikut gambar Lapangan yang akan menjadi obyek perhitungan:



Gambar 4.1. Area Obyek Penelitian Lapangan Penumpukan

(Sumber : data proyek Perumahan Pakuwon City)

4.2 Perhitungan Konsolidasi

1. Perhitungan penurunan konsolidasi dengan material yang memiliki $\gamma_d = 1,912 \text{ kg/m}^3$.

Dengan melihat gambar (4.12.), kemudian mengkorelasikan dengan gambar (2.1) dapat dicari nilai indeks konsolidasi beban trapezium untuk tiap-tiap lapisan. Serta dengan melihat hasil tes properties material *Quarry* Laut Kenjeran dengan hasil tes laboratorium yang memiliki $\gamma_d = 1,912 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai $\gamma_{\text{sat}} = 2,167 \text{ gr/cm}^3$, dapat dihitung tegangan akibat beban *preloading* ($\Delta p'$), dengan menggunakan persamaan (2.32) maka diperoleh;

$$(\Delta p') = \gamma_{\text{sat}} \times \text{Tinggi timbunan preloading} \times 2 \times \text{indeks konsolidasi beban trapesium}$$

$$= 2,167 \times 2 \times 2 \times 0.5 = 4.334 \times 2 \times I \text{ gr/cm}^2$$

Berikut pembagian distribusi tegangan beban *preloading* pada setiap kedalaman tanah dengan program Excel;

Tabel 4.2. Tegangan Efektif Preloading (Δp) $\gamma_d = 1,912 \text{ kg/m}^3$

Kedalaman z (m)	Tebal Lapisan Ho (m)	Berat Preloading γ (Kg/m ³)	Indeks Konsolidasi I	Tegangan Efektif Preloading Δp (Kg/m ²)
2	2	2.167	0.5	0.4334
4	2	2.167	0.47	0.4074
6	2	2.167	0.46	0.3987
8	2	2.167	0.445	0.3857
10	2	2.167	0.41	0.3554
12	2	2.167	0.375	0.3242
14	2	2.167	0.35	0.3034
16	2	2.167	0.33	0.2861
18	2	2.167	0.3	0.2601

Sumber : data proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya

Selain itu juga perlu dihitung besarnya tegangan efektif P_o' (*effective overburden pressure*) yang akan terjadi pada saat proses pembebanan *preloading*, dengan menggunakan persamaan (2.33). Perhitungan tegangan efektif yang terjadi pada tiap lapisan kedalaman tanah :

Untuk Kedalaman 0 m – 2 m,

$$P_o' = h \times \gamma' = 2 \times 0,64 = 1,28 \text{ Kg/m}^2$$

Berikut untuk setiap lapisan kedalaman tegangan efektif dihitung dengan program Excel, dan dapat dilihat dengan hasil perhitungan sebagai berikut;

Tabel 4.3. Effective Overburden Pressure
(P_o') $\gamma_d = 1,912 \text{ kg/m}^3$

Kedalaman z (m)	Tebal Lapisan Ho (m)	Berat Jenis Tanah γ (Kg/m3)	Berat Jenis Efektif Tanah γ' (Kg/m3)	Tegangan Efektif Overburden P_o' (Kg/m2)
2	2	1.64	0.640	1.28
4	2	1.59	0.590	1.18
6	2	1.59	0.590	1.18
8	2	1.59	0.590	1.18
10	2	1.73	0.730	1.46
12	2	1.74	0.740	1.48
14	2	1.81	0.810	1.62
16	2	1.81	0.810	1.62
18	2	1.87	0.870	1.74

Sumber : data proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya

Setelah semua data tegangan efektif tanah terhitung, maka perhitungan konsolidasi dimulai dengan membagi keseluruhan kedalaman tanah dasar menjadi beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan direncanakan sedalam 2 m. Hal ini dimaksudkan supaya mendapat ketelitian lebih dalam perencanaan penurunan konsolidasi dengan menggunakan persamaan (2.29).

Perhitungan Konsolidasi :

Untuk Kedalaman 0 m – 2 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.500 \times 3}{1 + 1.450} \left(\frac{1.92 + 0.4334}{1.92} \right) = 0.162 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 2 m – 4 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.227 \times 3}{1 + 1.622} \left(\frac{1.77 + 0.4074}{1.77} \right) = 0.126 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 4 m – 6 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.278 \times 3}{1 + 1.614} \left(\frac{1.77 + 0.3987}{1.77} \right) = 0.129 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 6 m – 8 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.227 \times 3}{1 + 1.622} \left(\frac{1.77 + 0.3857}{1.77} \right) = 0.120 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 8 m – 10 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.500 \times 3}{1 + 1.497} \left(\frac{2.19 + 0.3554}{2.19} \right) = 0.118 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 10 m – 12 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.600 \times 3}{1 + 1.478} \left(\frac{2.22 + 0.3251}{2.22} \right) = 0.116 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 12 m – 14 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.71 \times 3}{1 + 1.460} \left(\frac{2.43 + 0.3034}{2.43} \right) = 0.107 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 14 m – 16 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.71 \times 3}{1 + 1.460} \left(\frac{2.43 + 0.2861}{2.43} \right) = 0.101 \text{ m}$$

Untuk Kedalaman 16 m – 18 m,

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \text{LOG} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) = \frac{1.83 \times 3}{1 + 1.437} \left(\frac{3.48 + 0.2601}{3.48} \right) = 0.094 \text{ m}$$

Berikut merupakan resume hasil perhitungan penurunan konsolidasi dengan menggunakan program Excel pada keseluruhan kedalaman tanah pada sampel dengan $\gamma_{dry} 1,91 \text{ kg/m}^3$,

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Penurunan Konsolidasi dengan material preload $\gamma_{dry} 1,91 \text{ kg/m}^3$

NO	Tebal Lapisan	Z (m)	m	Cc	Gamut tanah (y)	Gamut efektif tanah (y')	Tegangan effective Overburden (P_o')	Delta tegangan tahanan (Δp)	S_c NC-Soil (m)
1	2.0	2.0	0.45	1.3115	1.64	0.640	1.28	0.4334	0.155
2	2.0	4.0	1.622	1.227	1.59	0.590	1.18	0.4074	0.121
3	2.0	6.0	1.634	1.278	1.59	0.590	1.18	0.3987	0.124
4	2.0	8.0	1.622	1.227	1.59	0.590	1.18	0.3857	0.115
5	2.0	10.0	1.497	1.5	1.73	0.730	1.46	0.3554	0.114
6	2.0	12.0	1.478	1.62	1.74	0.740	1.48	0.3242	0.113
7	2.0	14.0	1.46	1.71	1.81	0.810	1.62	0.3034	0.104
8	2.0	16.0	1.46	1.71	1.81	0.810	1.62	0.2861	0.098
9	2.0	18.0	1.437	1.83	1.87	0.870	1.74	0.2601	0.091
TOTAL PENURUNAN									1.033

Sumber : data proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya (Laporan Laboratorium Mekanika

Tanah dan Batuan ITS)

ANALISA PERKUATAN EMBANKMENT DI ATAS TANAH LUNAK (STUDI KASUS PERUMAHAN PAKUWON CITY SURABAYA)

(Debora, Siswoyo)

- Perhitungan waktu konsolidasi material preloading dengan γ_{dry} 1,91 kg/m³. Perhitungan derajat konsolidasi untuk menentukan waktu konsolidasi, diawali dengan perhitungan koefisien konsolidasi (C_v), sehingga untuk timbunan berlapis perlu dicari Koefisien Konsolidasi gabungan yang mewakili untuk semua layer-layer di kedalaman tanah dimana PVD akan dikerjakan. Perhitungan C_v gabungan dapat dihitung dengan persamaan (3.3).

$$C_{v \text{ gabungan}} = \frac{(2+4+6+8+10+12+14+16+18)^2}{\sqrt{0.00097} + \sqrt{0.00078} + \sqrt{0.00077} + \sqrt{0.00075} + \sqrt{0.00104} + \sqrt{0.00103} + \sqrt{0.0011} + \sqrt{0.0011} + \sqrt{0.0011}}$$

$$= 9,57E - 08$$

Untuk perencanaan waktu konsolidasi digunakan PVD dengan spesifikasi seperti terlihat pada gambar 4.5, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Lebar melintang = 2 mm
- Panjang melintang = 8 cm
- Jarak pemasangan = 1 m

(menggunakan pola segitiga)

Berikut perumusan untuk pemasangan PVD pola segitiga,



Gambar 4.2. Gambar Pola pemasangan Segitiga

(Sumber : sutarman, 2009)

Dimana :

$$D = 1,05 \times s = 1,05 \times 1 \text{ m} = 1,05 \text{ m}$$



Gambar 4.3. Pekerjaan PVD

(Sumber : data proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya)

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi γ_{dry} 1,912 kg/m³

t (minggu)	C _v	h _{1/2}	C _h	h _v	s=D(h _v ² /h _v)	h _v (2h _v)	T _v	T _v	U _v	U _v	t (berh)	
1	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.071	0.03055	0.134	58	604.800
2	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.142	0.04204	0.264	31	1.208.800
3	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.213	0.052056	0.395	43	1.814.400
4	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.284	0.06110	0.488	52	2.419.200
5	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.355	0.067205	0.567	60	3.024.000
6	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.426	0.071619	0.613	66	3.628.800
7	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.497	0.074518	0.690	71	4.233.600
8	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.568	0.076008	0.738	76	4.838.400
9	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.639	0.076164	0.778	80	5.443.200
10	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.709	0.075041	0.812	83	6.048.000
11	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.780	0.072681	0.841	86	6.652.800
12	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.851	0.069113	0.866	88	7.257.600
13	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.922	0.064664	0.886	90	7.862.400
14	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	0.993	0.059405	0.904	91	8.467.200
15	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.064	0.053402	0.919	93	9.072.000
16	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.135	0.046719	0.931	94	9.676.800
17	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.206	0.039469	0.942	95	10.281.600
18	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.277	0.031712	0.951	96	10.886.400
19	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.348	0.023506	0.958	96	11.491.200
20	9.5E-08	2	1.90029E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.419	0.014409	0.965	97	12.096.000
21	9.5E-08	3	1.85044E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.490	0.037728	0.995	100	12.700.800
22	9.5E-08	4	3.80059E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.561	0.144970	0.999	100	13.305.600
23	9.5E-08	5	4.75074E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.632	0.144438	1.000	100	13.910.400
24	9.5E-08	6	5.70089E-07	0.041	25.610	3.241	2.491	1.703	0.147238	1.000	100	14.515.200

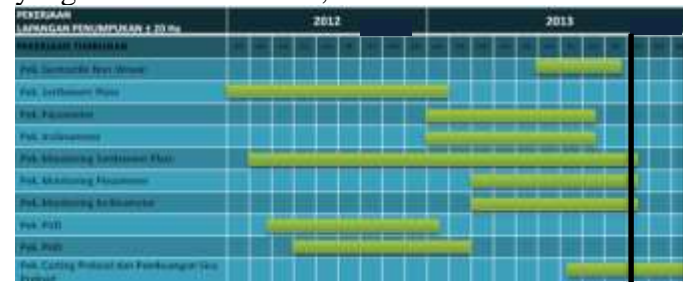
Sumber : data proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya (Laporan Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS)

4.3 Analisa Schedule dan Biaya.

4.3.1 Analisa Waktu Efisiensi Proyek

Dengan adanya efisiensi waktu, maka perlu adanya review scheduling ulang agar efisiensi ini dapat lebih dioptimalkan.

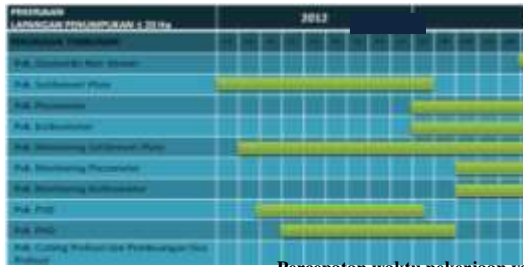
Berikut kami sertakan perbandingan schedul kontrak dan review schedul yang akan dilaksanakan,



Waktu yang bisa dilakukan Estimasi = 13 minggu

Gambar 4.4. Schedule Kontrak

Lapangan Penumpukan
(Sumber : Data Proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya)



Percepatan waktu pekerjaan yang didapatkan

Gambar 4.5. Revisi *Schedule* dengan Material 1,91 kg/m³

(Sumber : Data Proyek Perumahan Pakuwon City Surabaya)

4.3.2 Analisa biaya

Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan efisiensi biaya-biaya yang didapatkan dengan adanya percepatan pekerjaan pada Lapangan Penumpukan, meliputi;

1) Biaya Langsung

Tidak terjadi perbedaan antara rencana awal dengan reschedul rencana dikarenakan dengan luasan sample dan ketinggian yang sama volume pekerjaan cutting preload adalah tetap, sehingga tidak ada perbedaan volume untuk dicutting dengan penggunaan alat berat. Perbedaan hanya pada masa tunggu lahan siap di cutting sedangkan untuk volume cutting adalah sama.

2) Biaya Tidak Langsung

Berdasarkan hasil penelitian lapangan besarnya biaya tidak langsung total keseluruhan area kontrak adalah 4% dari nilai kontrak proyek. Berdasar informasi dari penelitian lapangan nilai 4% tersebut merupakan akumulasi dari:

- (1) gaji personil tetap kantor pusat dan lapangan
- (2) pengeluaran kantor pusat seperti sewa kantor pusat
- (3) telepon
- (4) perjalanan beserta akomodasi
- (5) biaya dokumentasi
- (6) bunga bank
- (7) biaya *notaries*
- (8) peralatan kecil dan material habis pakai.

Dan untuk perhitungan biaya tidak langsung area sample Tugas akhir perlu terlebih dahulu dihitung luasan area sample Tugas Akhir, kemudian dihitung perbandingannya terhadap luasan total proyek sehingga dapat dihitung nilai

efisiensi biaya tidak langsung selama percepatan proyek.

Luas Area total proyek, adalah:

$$\text{pembangunan} = 70.000 \text{ m}^2$$

Causeway

$$\text{pembangunan Jalan} = 34.704 \text{ m}^2$$

$$\text{lapangan} = 200.000 \text{ m}^2$$

penumpukan

$$\text{Total} = 304.704 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan area sample} = 456 \times 319$$

Tugas Akhir

$$= 145.464 \text{ m}^2$$

Prosentase biaya tidak langsung untuk sample area

Tugas Akhir adalah

$$= \frac{145.464}{304.704} \times 4\%$$

$$= 1,909\%$$

Biaya tidak langsung per hari area Lapangan Penumpukan adalah:

$$\begin{aligned} &= 1,909\% \times \frac{\text{nilai proyek}}{547 \text{ hari}} \\ &= 0,019 \times \text{Rp. } 10.022.000.000 / 547 \text{ hari} \\ &= 0,019 \times \text{Rp. } 18.321.775,00 / \text{hari} \\ &= \text{Rp. } 348.113,00 \end{aligned}$$

3) Efisiensi Biaya

(1) Efisiensi biaya dari material preload dengan $\gamma_d = 1,91 \text{ gr/cm}^3$

Efisiensi biaya yang diperoleh dari waktu yang telah diefisiensikan adalah;

Efisiensi yang diperoleh

$$= (\text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung}) \times 13 \text{ Minggu} \times 7 \text{ Hari}$$

$$= (0 + \text{Rp. } 348.113) \times 91 \text{ Hari}$$

$$= \text{Rp. } 31.678.283,00$$

$$= \text{Rp. } 31,678 \text{ Juta}$$

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Dengan melihat hasil perhitungan dari proses konsolidasi yang dihitung dengan menggunakan PVD dan PHD, diperoleh efisiensi waktu 3 minggu lebih cepat dibandingkan dengan konsolidasi tanpa menggunakan PVD dan PHD.
2. Setelah diketahui efisiensi waktu yang didapatkan, dapat dilanjutkan dengan rescheduling kegiatan proyek dengan menggunakan barchart schedule

ANALISA PERKUATAN EMBANKMENT DI ATAS TANAH LUNAK (STUDI KASUS PERUMAHAN PAKUWON CITY SURABAYA)

(Debora, Siswoyo)

pekerjaan yang lebih cepat 3 minggu terhadap rencana kontrak awal.

3. Dengan menggunakan material terpilih tersebut di atas didapatkan efisiensi biaya dari percepatan masa tunggu konsolidasi sebesar Rp. 31.678.283,00 dimana efisiensi tersebut didapatkan dari Biaya Tidak Langsung dan Biaya Langsung Proyek. Dan akan lebih menguntungkan lagi apabila dilakukan perhitungan provit value terhadap bunga Bank sehingga dari efisiensi tersebut menghasilkan total keuntungan sebesar Rp. 32.025.867,00.

5.2 Saran

1. Sebagai peneliti berikutnya sebaiknya memeriksa terlebih dahulu desain dari konsultan sebelum dilaksanakan proses konstruksi terutama jika material-material yang didapatkan dilapangan berbeda dengan spesifikasi dari pihak konsultan perencana agar kemungkinan resiko terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan pada struktur selama dan pasca kegiatan konstruksi bias diantisipasi dan jika terdapat efisiensi yang didapatkan, harus dimanfaatkan dengan optimal.
2. Perlu adanya tes-tes laboratorium yang lebih mendetail untuk mendapatkan perhitungan penurunan yang lebih detail.
3. Perlu perhitungan volume pekerjaan dan analisa harga satuan yang lebih cermat dan teliti agar hasil yang didapatkan lebih akurat.

6. Daftar Pustaka

- Ahmad, dkk. 2010. *Simulasi Numerik Deformasi Embankment Jalan Pada Tanah Lunak Dengan Perkuatan Hybrid Pile Kayu Galam - PVD*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Barron, R.A. 1948. *Consolidation of Fine Grained Soils by Drain Wells*, Transcation ASCE, vol. 113
- Das, B.M. 1991. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*, edisi ke 7, Cangege Learning, Stanford, USA.
- ‘Design Report for Morokrengembangan Boezem Improvement and Related Structure Works’, on The Consulting Service for Major and Minor Drainage Improvement Works in Surabaya Urban Development Project (SUDP), Nikken Consultants, Inc., Tokyo, Japan, September 1999.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Fandisnata, S. 2014. *Studi Perbandingan Kapasitas Dukung Embankment Dengan Perkuatan Geotextile, Cerucuk Tegak Dan Cerucuk Miring Kayu Galam*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Gunawan. 2017. *Perencanaan Perkuatan Timbunan Lereng Bandar Udara Baru Buntukunik Tana Toraja Dengan Geogrids dan Gabion*. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Surabaya.
- Hansbo, S., 1979. “*Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains*,” *Ground Engineering*, vol 12, no 5, hal 16, 25 Juni 1979
- Hidayat, Irpan dan Suhendara, A . 2011. *Aplikasi Geofom Sebagai Material Timbunan Di Atas Tanah Lunak*. Jurnal Ilmiah ComTech Vol. 2 No. 1 Juni 2011. Binus University.
- Hidayat, Deni, dkk. 2016. *Analisis Material Ringan Dengan Mortar Busa Pada Konstruksi Timbunan Jalan*. Jurnal Ilmiah Seminar Nasioanal Sains Dan Teknologi 2016. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Kristiyanti, Dian. 2010. *Perencanaan Lapangan Penumpukan Peti Kemas Di Terminal Peti Kemas Semarang*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Liong, Gouw Tjie, 1996. *Penggunaan Geosintetis Untuk Mempercepat Pelaksanaan Embankment Jalan*. Surabaya.
- Mangitung. 2008. *Analisis Dampak Percepatan Jadwal Proyek Terhadap Biaya Konstruksi Dengan Teknik Statistika Non Parametrik*. Jurnal SMARTek, Vol. 6, No. 2. hal. 71 – 79.
- Mochtar, Indrasurya B, 2000. *Teknologi Perbaikan Tanah Masa Kini*. Surabaya.
- Mochtar, Indrasurya B, 2000. *Teori Untuk Penanggulangan Masalah Daya Dukung*

- Tanah Lunak di Bawah Embakment.*
Surabaya.
- Oktafia, Nila, dkk. 2014. *Analisa Penetapan Harga Jual Unit Rumah di Perumahan Pakuwon City Surabaya.*Jurnal Teknik POMITS Vol 3 No 2, 2014. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Patria, A. Adhe Noor. 2010. *Analisis Deformasi Vertikal Dan Horizontal Tanah Lunak Di Bawah Pird-Geogrid Supported Embankment.* Jurnal Ilmiah Dinamika Rekayasa Vol. 6 No. 2 Agustus 2010. Universitas Jendral Soedirman Purwokerto.
- Priyanto. 2013, Nopember 12. *Arus Peti Kemas Melalui Pelabuhan Tanjung Perak Meningkatkan 5 Persen Dibanding Tahun Lalu,* Lensa Indonesia 9,1.
- Putra, Kevin Timotius Diaz Harnanto. 2015. *Design Kebutuhan PVD untuk Tanah Lunak.* Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Rahardjo, Paulus P. 1996. *Percepatan Konsolidasi Dengan Preloading dan Vertical Drains.* Seminar Geoteknik “*Fondation Design & Improvement Techniques in Difficult Ground*”, 10-11 Juli 1996, Hyatt Regency Hotel, Surabaya.
- Siahaan, L. P. 2017. *Alternatif Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Timbunan Pada Jalan Tol Palembang – Indralaya (STA 8+750 s/d STA 10+750).* Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Soeharto. 2000. *Manajemen Proyek (Jilid II).* Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Terzaghi, K. 1925. *Erdbaumechanik Auf Bodenphysikalischer Grundlage,* Deutichke, Vienna.
- Terzaghi, K. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid I Edisi Kedua,* Jakarta : Erlangga.
- Terzaghi, K. 1996. *Soil Mechanis in Engineering Practice.* John Wiley & Sons, Inc.