

Pengaruh Pvd (*Prefabricated Vertical Drain*) Dalam Mempercepat Proses Konsolidasi Pada Kontruksi *Taxiway* Di Bandara Juanda Surabaya

Herry Widhiarto¹, Laily Endah Fatmawati², dan Michella Beatrix³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
h_widhi@yahoo.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
laily.endah90@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
michella.sweet@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan alternatif perbaikan tanah dalam mengatasi permasalahan geoteknik dimana tanah harus dapat menahan beban struktur bangunan merupakan hal yang sangat penting dalam menanggulangi permasalahan konstruksi dalam hal penurunan tanah. Diantara alternatif perbaikan tanah adalah dengan memberikan perkuatan, stabilisasi tanah, serta penggunaan *vertical drained* sebagai solusi meningkatkan daya dukung tanah. Pada penelitian ini menggunakan material *vertical drained* sebagai bahan perbaikan tanah. Penggunaan *vertical drained* digunakan pada material tanah yang berada di jalur *taxiway*, Bandara Juanda Surabaya. Diketahui pada lokasi *taxiway* di Bandara Juanda Surabaya telah terjadi penurunan pada jalur *taxiway*, hal ini dikarenakan beban dari pesawat yang berada di atasnya, daya dukung tanah dasar yang rendah serta masih terjadinya proses konsolidasi ketika pembangunan jalur *taxiway* tersebut berlangsung, sehingga tanah dasar belum sepenuhnya memampat. Proses konsolidasi pada dasarnya membutuhkan waktu yang lama, tergantung dari jenis tanah yang ada. Penggunaan media *prefabricated vertical drained* dapat memperbesar permeabilitas tanah, sehingga air dapat keluar dalam waktu yang lebih singkat. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pengujian tes N-SPT serta Tes Boring. Diharapkan dari penggunaan *Prefabricated Vertical Drained*, daya dukung tanah dapat meningkat dan penurunan konsolidasi dapat berhenti. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui besar pemampatan yang terjadi adalah sebesar 0,786 m dengan besarnya beban yang diterima tanah adalah sebesar 20,880 t/m² selama 87,78 tahun. Tinggi timbunan sebagai beban yang dibutuhkan dalam penggunaan PVD adalah sebesar 1,974 m dimana dilakukan pemasangan PVD dengan pola segitigat sedalam 20 m dengan jarak pemasangan 1 m. Dari hasil pemasangan PVD tersebut, didapatkan lama pemampatan adalah selama 11,5 minggu

Kata Kunci : *Bandara Juanda Surabaya, Konsolidasi, Tanah Lunak, Vertical Drain*

Pendahuluan

Permasalahan penurunan pada tanah lunak merupakan suatu kejadian yang memerlukan perhatian dan memerlukan penanganan yang khusus. Penurunan tanah akan terjadi apabila tanah tersebut menerima beban yang besar serta mengalami penurunan daya dukung tanah. Penurunan pada tanah lunak akan menimbulkan perpindahan tanah secara vertikal dan horisontal dimana berhubungan dengan perubahan volume tanah yang mana

dinamakan proses penurunan konsolidasi. Nilai *permeabilitas* tanah lempung sangat rendah, pada kadar air yang lebih tinggi (basah) lempung tersebut bersifat lengket (Terzaghi, 1987).

Pada lokasi daerah Bandara Juanda Surabaya telah terjadi penurunan pada jalur *taxiway*, hal ini dikarenakan *konstruksi sudah tidak mampu menahan beban yang berada di atasnya, daya dukung tanah yang rendah dan belum selesainya proses konsolidasi. Proses konsolidasi pada*

Pengaruh Pvd (Prefabricated Vertical Drain) Dalam Mempercepat Proses Konsolidasi Pada Kontruksi Taxiway Di Bandara Juanda Surabaya

dasarnya membutuhkan waktu yang lama tergantung kapasitas tanah dalam hal permeabilitas dan ketebalan lapisan tanah lunak sehingga akan memakan waktu dalam pelaksanaan konstruksi.

Dalam mengatasi permasalahan penurunan tanah lunak yang ada di lokasi jalur *taxyway*, di Bandara Juanda Surabaya, dilakukan penelitian perbaikan tanah menggunakan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) dengan memberikan beban sesuai dengan beban rencana jalan *taxyway*. PVD bekerja dengan cara memperbesar permeabilitas pada tanah secara vertikal maupun horisontal sehingga air pori yang berada pada lapisan tanah lunak yang tebal dapat keluar dengan mudah melalui bantuan material PVD. Pemasangan PVD berdasarkan pola dan jaraknya diharapkan dapat mereduksi waktu konsolidasi tanah menjadi lebih singkat sehingga permasalahan tanah lunak yang diakibatkan jenuhnya air dalam tanah dapat teratasi.

Tinjauan Pustaka

Penurunan Tanah

Penurunan tanah (*settlement*) akan terjadi pada sebuah kontruksi bangunan diatas tanah lunak dimana bangunan tersebut memberikan beban kerja (*work load*) bagi tanah sehingga akan menyebabkan penurunan (*settlement*) tanah. Besarnya jumlah penurunan total yang terjadi pada tanah tersebut adalah jumlah dari penurunan awal, penurunan konsolidasi primer dan sekunder.

Untuk penurunan konsolidasi berdasarkan teori dari (*Terzaghi, 1925*) ada 2 jenis pembagian yakni tanah *Normally Consolidated (NC Soil)* dan *Over Consolidated (OC Soil)*.

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

Bila Harga: $OCR = 1 \rightarrow$ Tanah Terkonsolidasi Normal (*Normally Consolidated*)

$OCR > 1 \rightarrow$ Tanah Terkonsolidasi Lebih (*Over Consolidated*)

a. Tanah *Normally Consolidated (NC Soil)*

Untuk menentukan nilai *OCR (Over Consolidated Ratio)* dengan persamaan :

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \right) \times H_i$$

b. Tanah *Over Consolidated (OC Soil)*

Tanah *Over Consolidated (OC Soil)* adalah tanah dimana tekanan overburden saat ini lebih kecil daripada tekanan prakonsolidasi yang pernah dialami tanah tersebut sebelumnya.

- Digunakan apabila $P_o' + \Delta P < P_c'$

$$S_c = \left(\frac{C_s}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \right) \right) \times H_i$$

- Digunakan

apabila $P_o' + \Delta P > P_c'$

$$S_c = \left(\frac{C_s}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_c'}{P_o'} \right) + \frac{C_c}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \right) \right) \times H_i$$

Perhitungan total tegangan akibat beban timbunan dihitung dengan persamaan :

$$\Delta \sigma = I \times q$$

Namun nilai $\Delta \sigma$ diatas hanya untuk setengah dari bentuk timbunan sehingga untuk bentuk timbunan penuh harus dikalikan 2, sehingga menjadi :

$$\Delta \sigma = 2 \times I \times q$$

Keterangan :

q = Tegangan vertikal efektif dipermukaan tanah akibat beban.

I = Faktor pengaruh yang diperoleh dari grafik faktor pengaruh pada beban trapesium.

$$I = \frac{1}{180} \left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2)$$

Untuk ketebalan dan harga *Cv* yang berbeda dari setiap lapisan tanah maka nilai *Cv* gabungan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

Cv gabungan =

Derajat Konsolidasi

Derajat Konsolidasi adalah perbandingan penurunan yang dialami oleh tanah pada suatu waktu tertentu dengan penurunan yang dialami oleh tanah setempat atau tanah sekitarnya

- Untuk nilai *Uv* antara 0 – 60%

$$\bar{U}_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

- Untuk $\bar{U}_v > 60\%$

$$\bar{U}_v = (100 - 10^a)\%$$

Dimana nilai :

$$a = \frac{1,781 - Tv}{0,933}$$

$$Tv = 1,781 - 0,933 \log(100 - U\%)$$

- Untuk derajat konsolidasi horisontal (U_h) dengan persamaan :

$$U_h = \left[1 - \left(\frac{1}{\left(\frac{t \times 8 \times Ch}{D^2 \times F(n)} \right)} \right) \right] \times 100\%$$

- Untuk derajat konsolidasi rata rata dengan persamaan :

$$U = [1 - (1 - U_h)(1 - U_v)] \times 100\%$$

Tinggi Timbunan Awal

Untuk menentukan tinggi awal ($H_{initial}$) pada saat pelaksanaan dengan memperhatikan penurunan yang terjadi dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

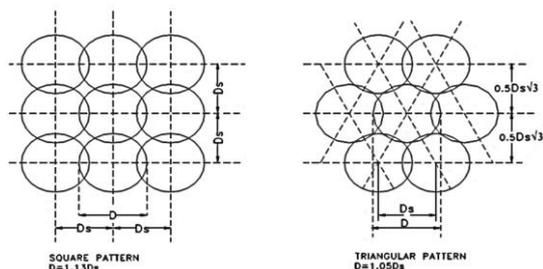
$$H_{initial} = \left(\frac{q_{final} + (Sc \times (\gamma_{timbunan} + \gamma_w - \gamma_{sattimbunan}))}{\gamma_{timbunan}} \right)$$

$$H_{final} = H_{initial} - Sc_{Timbunan} - Sc_{Pavement} - H_{Bongkar} + Tebal_{Pavement}$$

Dimana konsep yang digunakan yakni $H_{akhir(i)} = H_{awal(i)} - Sc$

1. Metode PVD (Prefabricated Vertical Drain)

Cara kerja dari metode PVD ini adalah dengan mempermudah dalam mengalirkan air dan udara yang berada pada lapisan tanah lunak pada kedalaman yang sulit untuk air dan udara tersebut keluar dalam waktu yang singkat sehingga digunakanlah metode PVD ini guna mempercepat keluarnya air dan udara tersebut dari dalam tanah secara vertikal. Berikut pola pemasangan PVD.



Gambar 1. Pola pemasangan metode PVD

Waktu Konsolidasi dengan PVD

Untuk penentuan waktu konsolidasi menurut (Barron, 1948) dengan menggunakan asumsi dari teori terzaghi mengenai konsolidasi linier satu dimensi yang menetapkan hubungan antara waktu, diameter *drain*, jarak antar *drain*, koefisien konsolidasi dan rata-rata derajat konsolidasi. penentuan waktu berdasarkan teori (Barron,1948) adalah dengan persamaan :

$$t = \left(\frac{D^2}{8 Cr} \right) F(n) \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right)$$

2. Daya Dukung Tanah Dasar

Untuk menghitung kenaikan dari daya dukung tanah dasar tersebut digunakan persamaan yang diberikan oleh (Ardana dan Mochtar, 1999) sebagai berikut :

- Untuk harga dari PI tanah $< 120\%$ maka,

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 +$$

- Untuk harga dari PI tanah $> 120\%$ maka,

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + ($$

Menurut (Ardana dan Mochtar, 1999) nilai dari tegangan vertikal efektif (σ_p') pada tanah yang mengalami proses konsolidasi berubah seiring dengan lamanya waktu konsolidasi. Dimana untuk mencari nilai σ_p' dapat dicari dengan rumus :

$$\sigma_p' = \left(\frac{p_o' + \Delta p'}{p_o'} \right)^u p_o'$$

Apabila nilai $U = 100\% = 1$ maka,

$$\sigma_p' = p_o' + \Delta p'$$

$U < 100\%$ maka, ,

$$\sigma_p' < p_o' + \Delta p'$$

Lokasi

Lokasi penelitian dalam penggunaan media PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) ini dilakukan pada tanah *subgrade* yang berlokasi di dalam kawasan bandara juanda surabaya Jl. Ir. H. Juanda, Betro, Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Hal ini karena telah terjadi penurunan pada

Pengaruh Pvd (Prefabricated Vertical Drain) Dalam Mempercepat Proses Konsolidasi Pada Kontruksi Taxiway Di Bandara Juanda Surabaya

bagian jalur *taxyway*. Dari hasil tes lapangan berupa tes sondir boring diperoleh data bahwa nilai N-SPT < 10 sampai dengan kedalaman 20 m.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah metode perbaikan tanah menggunakan material *Prefabricated Vertical Drained* (PVD) dengan pemberian beban preloading dari tanah timbunan untuk mempercepat proses konsolidasi dengan mempercepat laju permeabilitas pada tanah lunak yang terdapat pada area tersebut. Penelitian dilakukan dengan :

1. Menentukan Pola Pemasangan PVD dengan pola segitiga (*triangular pattern*) maupun pola persegi (*square pattern*)
2. Penentuan Jarak dan kedalaman PVD. Penentuan akan jarak dan kedalaman PVD ditentukan berdasarkan data hasil tes lapangan berupa boring, dan juga parameter dari hasil tes laboratorium.
3. Pembebanan secara bertahap direncanakan dengan menentukan beban *preloading* secara bertahap sesuai dengan kenaikan daya dukung tanah. Penimbunan akan dilakukan dengan durasi kecepatan pembebanan tertentu dengan tetap mengontrol daya dukung tanahnya.

Bahan

Data spesifikasi bahan PVD yang digunakan adalah dengan jenis *CeTeau Drain* CT-D822 adalah sebagai berikut :

- Berat = 75 g/m
- Tebal (a) = 4 mm = 0,004 m
- Lebar (b) = 100 mm = 0,10 m

Material timbunan direncanakan dengan memiliki Sifat fisis timbunan dimana spesifikasi teknis material timbunan adalah sebagai berikut:

- Kohesi (c) = 0
- $\gamma_{\text{timbunan}} = 2,212 \text{ t/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat}} = 2,212 \text{ t/m}^3$
- Sudut geser (ϕ) = 30°

Tahap Penelitian

➤ Pengumpulan Data Tanah

Pengumpulan data tanah di dapatkan dari data pengujian Standart Penetration Test dan Bor dalam

➤ Desain Perencanaan Beban

Setelah data didapatkan maka selanjutnya melakukan desain perencanaan perhitungan pembebanan yang akan disesuaikan dengan berat beban sebenarnya yang akan dipikul oleh tanah dasar nantinya. Dalam hal ini terdapat yang harus diidentifikasi adalah beban pesawat terbang dan beban struktur atas jalur *Taxiway*.

➤ Perhitungan Penurunan (*settlement*)

Dalam tahapan ini dilakukan perhitungan penurunan yang terjadi setelah menerima beban struktur konstruksi *Taxiway*.

➤ Perencanaan Timbunan sebagai Beban *Preloading*

1. Menentukan H_{inisial} dan H_{akhir}
Tahapan untuk menentukan tinggi timbunan awal (H_{inisial}) dimaksudkan untuk mengetahui tinggi timbunan rencana sebelum terjadinya proses konsolidasi dan tinggi timbunan akhir (H_{akhir}) setelah terjadinya proses konsolidasi.
2. Perhitungan Penurunan (*settlement*)
Dilakukan analisis penurunan/pemampatan akibat beban timbunan bertahap.

➤ Analisis Metode PVD (*Prefabricated Vertical Drain*)

Setelah dilakukan perencanaan timbunan, dilakukan proses penerapan metode PVD dan dilakukan analisis Pola Pemasangan PVD, Penentuan Jarak dan kedalaman PVD, serta penentuan waktu pentahapan beban preloading setelah pemasangan PVD.

➤ Kontrol Daya Dukung Tanah Dasar Setelah Perbaikan Tanah

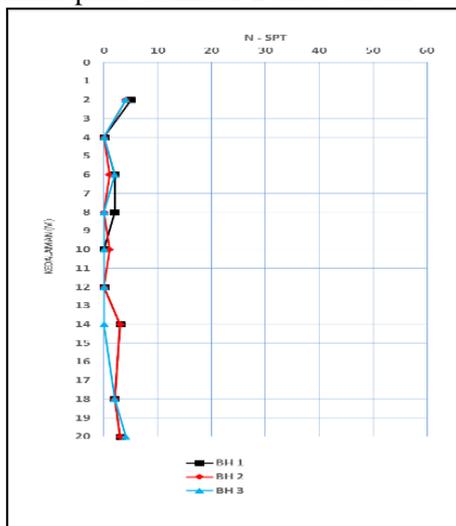
Kontrol daya dukung tanah dasar dilakukan apabila daya dukung sudah meningkat sesuai dengan yang direncanakan maka dilanjutkan dengan analisa hasil sedangkan apabila daya

dukung tanah masih rendah maka dilakukan pengecekan ulang.

Hasil Dan Pembahasan
Analisa Parameter Tanah

Berdasarkan hasil boring mengenai hubungan nilai N- SPT dan kedalaman tanah dapat diketahui bahwa kedalaman lapisan tanah lunak dengan nilai N-SPT < 10 yaitu hingga kedalaman -20.00 m. Maka lapisan tanah yang terkonsolidasi setebal 20 m (elevasi + 0.00 m hingga elevasi -20.00 m).

Berikut ini adalah grafik hasil bor tes pada paralel N1 titik bor BH1, BH2, dan BH3 dengan rata rata nilai N-SPT < 10 sampai dengan kedalaman 20 m dapat dilihat pada **Gambar 2** dibawah ini



Gambar 2 Grafik gabungan hubungan N-SPT dengan kedalaman pada paralel N1 titik BH 1, BH 2, dan BH 3 (Sumber : PT. Angkasa Pura,2018)

.Dari data N-SPT di atas, diambil hasil tes pada BH3 sebagai dasar perhitungan karena diketahui pada titik tersebut merupakan data parameter tanah yang paling jelek, Berikut hasil tes laboratorium pada titik BH3 N1 ditunjukkan pada **Tabel 1** dibawah ini.

Tabel 1 Data parameter hasil tes laboratorium paralel N1 titik BH 3

Kedalaman (m)	γ tanah (ton/m ³)	γ_{sat} tanah (ton/m ³)	eo	Cc	PI (%)	LL (%)	Gs	PL (%)	Wc (%)	Cs
0 – 3 m	1,677	1,719	1,307	0,408	33,71	65,59	2,66	31,88	45,47	0,197
3 – 7 m	1,867	1,882	0,974	0,290	NP	NP	2,74	NP	34,49	0,147
7 – 13 m	1,650	1,642	1,424	0,580	54,32	82,37	2,556	28,05	56,5	0,215
13 – 17 m	1,595	1,591	1,743	0,631	68,42	101,35	2,622	32,93	66,86	0,263
17 – 20 m	1,595	1,591	1,743	0,631	68,42	101,35	2,622	32,93	66,86	0,263

(Sumber : Data Pehitungan)

Data Timbunan (Preloading)

Material timbunan direncanakan dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

❖ Sifat fisis timbunan

Kohesi (c) = 0

γ timbunan = 2,212 t/m³

γ sat = 2,212 t/m³

Sudut geser (ϕ) = 30°

❖ Geometri timbunan

Dalam merencanakan timbunan (*preload*) ini harus disesuaikan dengan beban kontruksi (*contruction load*) yang berada diatas tanah dasar (*subgrade*) dengan ketentuan :

Tinggi timbunan (H_{final}) direncanakan akan ditimbun sampai elevasi + 1 m dengan elevasi tanah dasar rata-rata – 0 ,9 m dan muka air tanah – 1,0 m

Luas area timbunan : 192 x 30 m

Lebar atas : 58 m

Lebar bawah : 62 m

Kemiringan timbunan : 1: 2

Data Beban

Berat beban yang berada diatas jalur *taxiway* ini berupa beban pesawat yang berlalulintas diarea sekitar *taxiway* dan juga berat dari lapisan perkerasan yang disini untuk berat pesawat digunakan pesawat tipe Boeing 777- 300 ER karena mempunyai berat paling besar yaitu dengan nilai MTOW (*Manual Design Take off Weight*) sebesar 351500 kg / 351,5 ton saat *take off* sehingga perhitungan beserta beban per roda adalah :

Jenis roda : DT (6 roda)

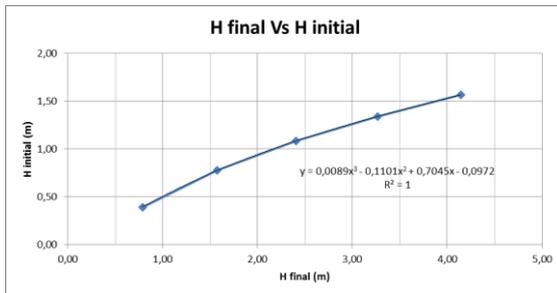
Beban roda : 95% x MTOW = 95 % x 351,5 ton = 339,925 ton

Beban untuk 1 roda : 339,925 / 6 roda = 55,654 ton

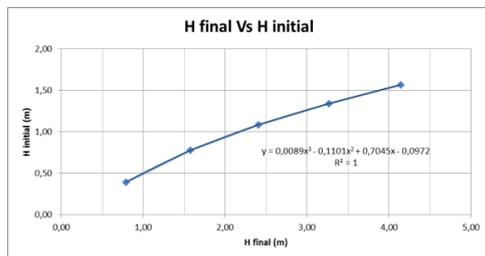
Tabel 3. Hasil perhitungan Sc total, H initial, H bongkar dan H final

No	H rencana (m)	q final (t/m ²)	Sc Timbunan (m)	H initial (m)	H Bongkar Traffic (m)	Tebal Pavement (m)	Sc Pavement (m)	Sc total (m)	H Final/ Finished Grade (m)
A	B	C	D	E	F	G	H(I+C)	D-E+H+F	
1	1	2.212	0,392	1,177	0,949	1,04	0,766	1,178	0,090
2	2	4.424	0,776	2,351	0,452	1,04	0,760	1,556	1,383
3	3	6.636	1,083	3,489	0,136	1,04	0,774	1,856	2,538
4	4	8.848	1,341	4,606	0,090	1,04	0,767	2,108	3,448
5	5	11.060	1,566	5,708	0,090	1,04	0,760	2,326	4,331

Berdasarkan data hasil perhitungan didapatkan grafik hubungan antara H_{final} dengan H_{initial} seperti terlihat pada **Gambar 3** dan juga hubungan antara H_{final} dengan penurunan (Sc) pada **Gambar 4** dibawah ini.



Gambar 3. Grafik hubungan H final dengan H initial



Gambar 4. Grafik hubungan H final dengan penurunan Sc

Dengan menggunakan garis persamaan kurva pada **Gambar 3** yang digunakan untuk menentukan tinggi dari H_{initial} yang diperlukan untuk mendapatkan H_{final} yang sesuai dengan rencana yaitu setinggi 1 m, dan sehingga didapatkan nilai tinggi H_{initial} sebesar 1,506 m. Sedangkan untuk perhitungan pemampatan (Sc) dengan menggunakan persamaan kurva pada **Gambar 4** dari nilai H_{final} diperoleh nilai pemampatan sebesar 0,506 m

Perencanaan Waktu Pemampatan Pemampatan tanpa PVD

- Kedalaman tanah lunak = 20 m

- Hdr (satu arah aliran karena sampai dengan kedalaman 20 m jenis tanah termasuk tanah lempung lunak) = 20 m

- Faktor waktu (Tv) = 0,848

Berdasarkan (Braja M. Das 1988) tentang besarnya nilai variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi pada **Tabel 2.4**, untuk derajat konsolidasi 90% nilai dari faktor waktu (Tv) sebesar 0,848.

$$Cv \text{ gabungan} = \frac{(H_1+H_2+\dots+H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}} + \frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{Cv_n}}\right)^2} = \frac{(300 + 400 + 600 + 700)^2}{(\sqrt{0,00036} + \sqrt{0,00022} + \sqrt{0,00030} + \sqrt{0,00036})^2}$$

$$t = \frac{Tv Hdr^2}{Cv} = \frac{T90\% \times Hdr^2}{Cv \text{ gabungan}} = 87,78 \text{ tahun}$$

Besar Penurunan Komulatif Tiap Tahun

Penurunan yang terjadi tiap tahun besarnya ditentukan oleh faktor waktu dan besarnya derajat konsolidasi arah vertikal (U_v). Berikut adalah contoh perhitungan untuk mencari besarnya penurunan pada tahun pertama.

$$Tv = \frac{Cvt}{Hdr^2} = \frac{0,966x1}{10^2} = 1,898$$

- 1) Untuk (U_v) antara 0 – 60 %

$$\bar{U}_v = \left(2 \sqrt{\frac{Tv}{\pi}}\right) \times 100\%$$

$$U_v = \left(\frac{2x \frac{1,898}{\pi}}{\pi}\right) \times 100\%$$

$$U_v = 11,09 \%$$

- 2) Untuk nilai (U_v) > 60 %

$$a = \frac{1,781 - Tv}{0,933} = \frac{1,781 - 0,00966}{0,933} = 1,898$$

$$U_v = (100 - 10^a)\% = (100 - 10^{1,778})\% = 20,83\%$$

$$Sc \text{ (tahun pertama)} = 11,09\% \times 0,506 = 0,056 \text{ m}$$

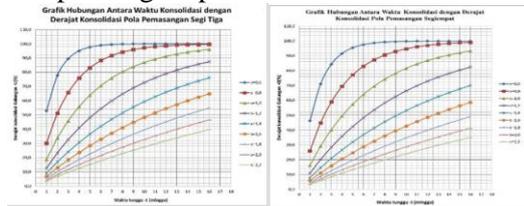
Perencanaan PVD (Prefabricated Vertical Drain)

Perencanaan PVD akan menggunakan 2 pola pemasangan yaitu pola segitiga (*triangular pattern*) dan pola segi empat (*square pattern*) dengan menggunakan variasi jarak dalam

Pengaruh Pvd (Prefabricated Vertical Drain) Dalam Mempercepat Proses Konsolidasi Pada Kontruksi Taxiway Di Bandara Juanda Surabaya

pemasangannya. Variasi jarak yang direncanakan untuk PVD berdasarkan referensi (Bimo Wibi Aditya,2017) adalah (0,6), (0,8), (1,0), (1,2), (1,4), (1,6), (1,8), (2,0), (2,2) meter, hal ini dilakukan untuk mendapatkan jarak pemasangan PVD yang efisien dan maksimal.

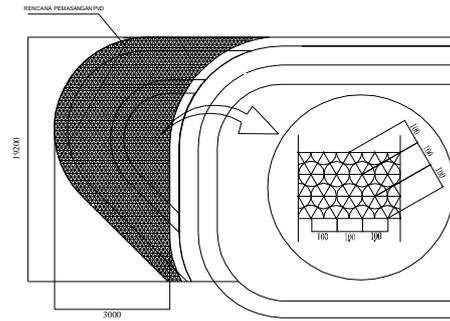
Selanjutnya hasil perhitungan dibuat grafik hubungan antara derajat konsolidasi ($\bar{U}_{rata-rata}$) dengan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi yang direncanakan seperti yang terlihat pada **Gambar 5** untuk pola segitiga dan pola segiempat.



Gambar 5 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga (kiri) dan segi empat (kanan)

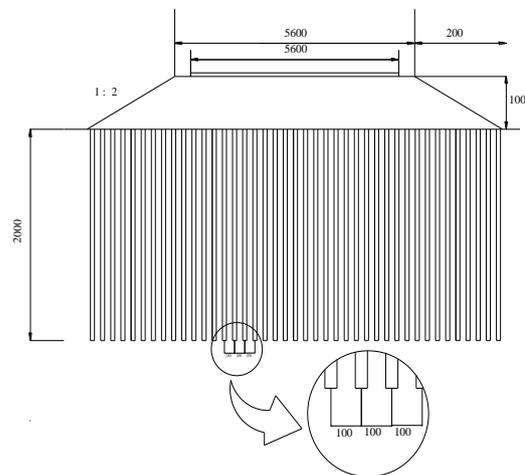
Berdasarkan pada grafik **Gambar 5** pola segitiga diatas dengan waktu pengerjaan selama 120 hari = 4 bulan=16 minggu dengan nilai derajat konsolidasi 90%, maka didapatkan jarak pemasangan (s) = 0,8 m dengan waktu 6,5 minggu dan jarak (s) = 1,0 m dengan waktu 11,5 minggu. Sedangkan pada grafik pola segiempat dengan nilai derajat konsolidasi 90%, didapatkan jarak pemasangan (s) = 0,8 m dengan waktu 8 minggu dan jarak (s) = 1,0 m dengan waktu 13,5 minggu. Sehingga pada perencanaan ini dipilih untuk menggunakan pemasangan media PVD dengan pola segitiga dengan jarak antar PVD sebesar 1,0 m dengan derajat konsolidasi 90 % dan waktu selama 11,5 minggu karena lebih efektif dibandingkan dengan pola segiempat serta dapat mencapai derajat konsolidasi 90% dalam waktu 11,5 minggu tanpa harus meninjau metode pemasangan

Berikut denah pemasangan PVD yang disajikan pada Gambar 6 berikut ini:

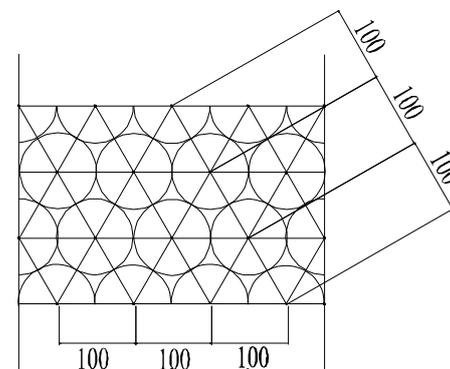


Gambar 6. Denah Pemasangan PVD Segitiga Dengan Jarak 1 m

Untuk gambar pola pemasangan PVD berdasarkan kedalaman, dapat dilihat pada **Gambar 7** dibawah ini.



Gambar 7. Gambar Potongan Melintang Timbunan Preloading dengan PVD



Gambar 8. Detail Pola Pemasangan PVD Segitiga Dengan Jarak 1 m

Simpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dapat dihasilkan beberapa temuan-temuan sebagai berikut:

1. Besarnya waktu pemampatan akibat beban yang terjadi tanpa adanya PVD adalah selama 87,78 tahun selama sebesar 0,780 meter
2. Lama waktu pemampatan dengan menggunakan PVD adalah selama 11,5 minggu dengan pola pemasangan segitiga.
3. Tinggi timbunan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan PVD adalah setinggi 1,974 m
4. Jarak dan kedalaman yang untuk pemasangan PVD ada 2 pilihan yakni untuk pola segitiga didapatkan jarak pemasangan 1 m dengan kedalaman 20 m dengan waktu 11,5 minggu

Referensi

- Ari Sandhyavitri¹, Gunawan Wibisono¹, Sri Juniati, M.Dian Rioputa¹, 2008, Analisa perbaikan Sub-grade Runway Lapangan Terbang Dengan Metode *Vertical Drain* (Studi Kasus Bandara Tempuling di Tembilahan, Propinsi Riau), Fakultas Teknik Universitas Bina Widya Pekanbaru Riau.
- Barron, R., 1948, Consolidation of Fine Grain Soils by Drain Wells, *Trans ASCE*, 113 pp. 718-734.
- Das, B.M.,(1985), ‘‘Principles of Geotechnical Engineering’’, University of Texas at El Paso, USA.
- Das, B.M., Noor, E. dan Mochtar, I.B., 1983, *Mekanika Tanah Jilid 2*, Penerbit Erlangga.
- Das, B.M., Noor, E. dan Mochta r, I.B., 1995, *Mekanika Tanah Jilid 1*, Penerbit Erlangga.
- Das B.M, 1998, Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis), 1 dan 2, Terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C.,1992, *Mekanika Tanah*, Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, Mekanika Tanah II, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Indraratna, B., Sathananthan, I., Bamunawita, C., Balasubramaniam, A.S. (2005), Theoretical and Numerical Perspectives and Field Observations or the Design and Performance Evaluation of embankments constructed on Soft Marine Clay., *Proc. Ground Improvement- Case Histories*, Oxford, Elsevier, vol.3, pp. 51-89.
- NAVFAC DM-7. 1971. Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structures. USA : Dept. of the Navy Naval Facilities Engineering Command.
- i Ketut Devy Apriyani¹, Ikhya², Indra Noer Hamdhan², 2016, Analisis Konsolidasi Dengan *Prefabricated Vertical Drain* Untuk Beberapa *Soil Model* Menggunakan Metode Elemen Hingga, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional.
- Noor Endah Mochtar, 2012, Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah (RC09-1402), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya.