

## ANALISIS PERBAIKAN TANAH LEMPUNG PADA AREA *RUNWAY* BANDAR UDARA BARU POHUWATO GORONTALO MENGUNAKAN METODE *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* (PVD)

Agung Syuhada Akbar<sup>1</sup>, Linda Winiasri<sup>2</sup>, Karina Meilawati Eka Putri<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl Jemur Andayani 1 No 73, Surabaya, 60236  
Email: [daengakbar1730@gmail.com](mailto:daengakbar1730@gmail.com)

### Abstrak

Bandar Udara Baru Pohuwato berada di Utara Pulau Sulawesi tepatnya di Desa Imbodu Kecamatan Randangan Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo dengan koordinat geografis 0° 27' 41.390" Lintang Utara (LU) dan 121° 48' 33.527" Bujur Timur (BT) serta sumbu Landas Pacu yang mempunyai azimuth 90°. Bandar Udara Pohuwato mempunyai peran strategis dalam mendukung upaya peningkatan peran angkutan udara dalam kaitan pembangunan daerah khususnya dan pembangunan nasional pada umumnya. Sesuai Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 166 tahun 2019 Bandar Udara pohuwato memiliki peran sebagai Simpul Aksesibilitas di pulau Sulawesi, gerbang ekonomi, Alih Moda Transportasi, Perdagangan dan Pariwisata, Dukungan Wilayah rawan bencana, serta berperan sebagai Bandar Udara yang memberikan nilai tambah terhadap wawasan kebangsaan.

Pada pembangunan Bandar Udara Baru Pohuwato terdapat permasalahan kondisi tanah yang akan dibuat bagian Runway, Nilai N-SPT Tanah pada kedalaman 0 – 20m 4-8 merupakan tanah lempung Pasiran – *medium Clay* yang memerlukan perlakuan khusus. Mengacu Pada Hasil Penelitian Tenaga ahli didapatkan kesimpulan terdapat penurunan elastis sebesar 0,602 m, dan penurunan konsolidasi sebesar 0,702 m yang bersifat tidak seragam Tanpa Penanganan.

Bedasarkan hasil Analisa dengan metode ini didapat bahwa hasi dari penurunan elastis sebesar 0,212 m. dengan Tebal timbunan yang di dibutuhkan adalah 6 meter untuk mencapai elevasi target.maka dari itu perencanaan PVD,dengan konfigurasi segitiga dengan jarak antara PVD yang dibutuhkan adalah 1,4 meter dengan jari jari PVD 0,74 meter dan kedalam 17 meter. Dalam perencanaan ini memiliki target tanah dapat terkonsolidasi dengan PVD selama 90 hari.perencanaan PVD tersebut membutuhkan anggaran biaya sebesar Rp.15.137.203.180. biaya tersebut meliputi pekerjaan PVD(*Prefabricated Vertical Drain*), pekerjaan PHD(*Prefabricated Horizontal Drain*,Pengendalian mutu dan Penimbunan dengan Tanah urug.

**Kata kunci :** *Prefabricated Vertical Drain,Preloading*, Konfigurasi,Konsolidasi

### Abstract

*Airport Baru Pohuwato is located in the north of Sulawesi Island, precisely in Imbodu Village, Randangan District, Pohuwato Regency, Gorontalo Province, with geographical coordinates 0° 27' 41.390" North Latitude (N) and 121o 48' 33.527" East Longitude (BT) and the axis of the Runway which has an azimuth of 90°.Pohuwato Airport has a strategic role in supporting efforts to increase the role of air transportation in relation to regional development in particular and national development in general. In accordance with the Decree of the Minister of Transportation Number KM 166 of 2019, Pohuwato Airport has a role as an*

*Accessibility node on the island of Sulawesi, an economic gateway, transfer of modes of transportation, trade and tourism, support for disaster-prone areas, and acts as an airport that provides added value to national insight.*

*At the construction of Pohnuato New Airport there is a problem of soil conditions that will be made part of the Runway, N-SPT Value The soil at a depth of 0 – 20m 4-8 is Pasiran clay soil – Medium Clay which requires special treatment. Referring to the results of the research experts, it was concluded that there was an elastic decrease of 0.602 m, and a consolidation decrease of 0.702 m which was not uniform without handling.*

*Based on the results of the analysis with this method, it was found that the result of the elastic decrease was 0.212 m. with the thickness of the pile needed was 6 meters to reach the target elevation. therefore PVD planning, with a triangular configuration with the distance between PVD needed is 1.4 meters with a radius of PVD 0.74 meters and a depth of 17 meters. In this planning has a target land can be consolidated with PVD for 90 days. PVD planning requires a budget of Rp.15,137,203,180. these costs include PVD work (Prefabricated Vertical Drain), PHD job (Prefabricated Horizontal Drain, Quality Control and Landfill with Urug Land.*

**Keywords :** *Prefabricated Vertical Drain, Preloading, Configuration, Consolidation*

## **PENDAHULUAN**

Bandar udara Pohnuato adalah salah satu Bandara yang sedang melaksanakan pembangunan di Indonesia, Lokasi Bandar Udara pohnuato terletak di Desa Imbodu Kecamatan Randangan Kabupaten Pohnuato Provinsi Gorontalo dengan koordinat geografis 0o 27' 41.390" Lintang Utara (LU) dan 121o 48' 33.527" Bujur Timur (BT) serta sumbu Landas Pacu yang mempunyai azimuth 90° Rute Penerbangan yang di rencanakan dari Bandar Udara Pohnuato ke kota Makassar, Palu dan Manado khususnya bagi penduduk daerah Parigi Moutong, Sulawesi Tengah, serta Kabupaten Boalemo. Pada pembangunan tahap awal (stage I) Bandar Udara pohnuato diperuntukan untuk melayani 27.000 Pnp/tahun dengan type pesawat ATR 72 terbatas.

Pemakaian Metode *Prefacabrated Vertical Drain* (PVD) pada Area yang memiliki jenis tanah lempung berpasir, Merupakan metode Teknik Geoteknik yang digunakan untuk Mempercepat proses penurunan tanah atau tanah berlumpur lembek, PVD digunakan

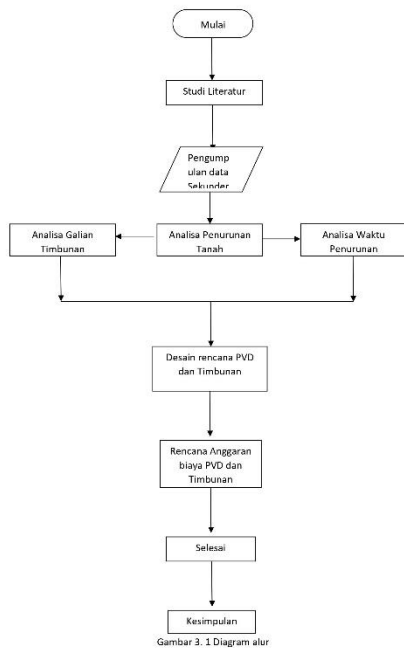
untuk mempercepat proses pemadatan tanah dan mengurangi waktu yang dibutuhkan agar tanah menjadi lebih stabil.

Berdasarkan deskripsi latar belakang, maka penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar penurunan Tanah yang dihasilkan?
2. Berapa tinggi Timbunan dalam pekerjaan Pembangunan Runway Bandar Udara baru Pohnuato?
3. Berapa lama waktu Konsolidasi Tanah yang di butuhkan?
4. Berapa RAB Pemakaian metode *Prefabricated Vertical Drain* dan Tanah timbunan ?

Gambar 2 Titik bor teknik

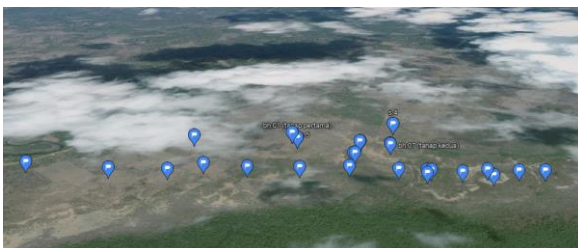
## METODE



Gambar 1 Diagram alur penelitian

## Pengumpulan Data

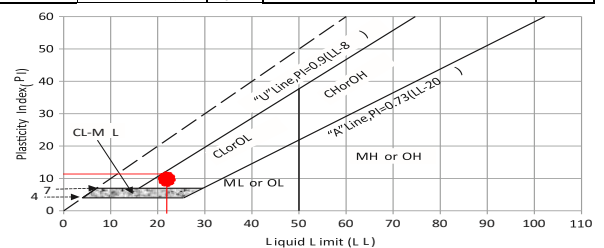
Lapisan Tanah Di tentukan dari hasil data kondisi di lapangan yaitu hasil dari Pengujian Sondir dan bor teknik . Dari hasil uji sondir dan bor teknik yang dilakukan pada 6 titik uji Sondir dan 16 uji Bor teknik.Namun pada penelitian ini ,hanya menggunakan satu titik yaitu titik BH- 01. Hasil dari Uji lapangan tersebut yang akan digunakan yaitu nilai N-SPT sebagai Penentuan Konsolidasi tanah.sedangkan data dari hasil uji laboratorium akan di gunakan sebagai penentuan jenis tanah di area tersebut



## Analisis Data

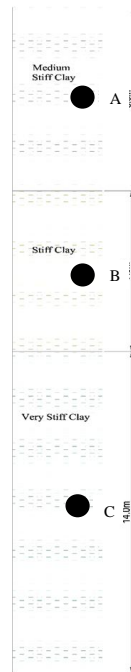
Data Uji Laboratorium digunakan untuk memenuhi data yang tidak tertera pada data aslinya. Untuk itu data dari Uji Laboratorium diambil dari Peneliti yang sedang melaksanakan Pembangunan Bandar Udara Puhwato Gorontalo. Data Uji Laboratorium yang di pakai diperuntukan untuk menghitung Penurunan Tanah dan Waktu Konsolidasi Penurunan tanah.

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS				
PROJECT		: BANDARA POHUWATO		
LOCATION		: GORONTALO		
BORING NUMBER		: BH 1		
BORING DEPTH		: Varies		
Bore Hole No.	-	BH 1 - POH	Remark	
Sample	-	1		
Sample Depth	m	4.50 - 5.00 m		
Specific Gravity (Gs)	-	2.63		
Dry Density (g <sub>s</sub> )	g/cm <sup>3</sup>	1.46		
Natural State	Water Content (w)	%		22.11
	Wet Density (g <sub>wet</sub> )	g/cm <sup>3</sup>		1.77
	Void ratio (e)	-		0.82
	Porosity (n)	-		45.09
	Degree of Saturation (Sr)	%		70.33
Gradation	Gravel	%		4.14
	Sand	%		8.20
	Silt + Clay	%		87.65
	Clay	%		
Atterberg Limits	Liquid Limit (LL)	%		22.58
	Plastic Limit (PL)	%	12.46	
	Plasticity Index (PI)	%	10.13	
	Shrinkage Limit (SL)	%	-	
Consolidation Test	Compressibility Index (cc)	Cc	0.15	
	Swelling Index (Cr)	Cr	0.007	
	Preconsolidation pressure	kPa	120.00	
	Overconsolidated ratio (OCR)	-	3.04	
	Undrained Cohesion (c)	kg/cm <sup>2</sup>	0.07	



## Analisa Settlement Tanah

Perhitungan Settlement ini memiliki muka air tanah yang berada di permukaan tanah.setiap lapisan memiliki titik tengah nya masing masing.yang mana titik tengah tersebut juga H1 atau setengah tebal dari tanah pada setiap Lapisan tanah nya .



Perhitungan Muka air tanah dihitung dari permukaan tanah dan mencari titik tengah dari perlapisan tanahnya. Selanjut nya dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Sebelum menghitung Penurunan di perlukan nya menghitung Tegangan Efektif dan Diperlukan nya menghitung total

$$\begin{aligned}\sigma A &= H1 \times Y_{sat} \\ &= 4 \times 18 \\ &= 72 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}UA &= H2 \times Y_w \\ &= 4 \times 10 \\ &= 40 \text{ kPa}\end{aligned}$$

A. Lapisan Tanah B

$$\begin{aligned}\sigma B &= (HA \times Y_{sat}) + (H1 \times Y_{sat}) \\ &= (8 \times 18) + (3,5 \times 19) \\ &= 144 + 66,5 \\ &= 210,5 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}UB &= H2 \times Y_w \\ &= 11,50 \times 10 \\ &= 115 \text{ kPa}\end{aligned}$$

B. Lapisan Tanah C

$$\begin{aligned}\sigma C &= (HA \times Y_{sat}) + (HB \times Y_{sat}) + (H1 \times Y_{sat}) \\ &= (8 \times 18) + (7 \times 19) + (7 \times 2) \\ &= 144 + 133 + 14 \\ &= 291 \text{ kPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}UC &= H2 \times Y_w \\ &= 22 \times 10 \\ &= 220 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Tegangan Efektif  
A. Lapisan Tanah A

$$\begin{aligned}\sigma A' &= 72 - 40 \\ &= 32 \text{ kPa}\end{aligned}$$

B. Lapisan Tanah B

$$\begin{aligned}\sigma B' &= 210,5 - 115 \\ &= 95,5 \text{ kPa}\end{aligned}$$

C. Lapisan Tanah C

$$\begin{aligned}\sigma C' &= 22 \times 10 \\ &= 220 \text{ kPa}\end{aligned}$$

H1 tersebut merupakan setengah dari tebal pada setiap lapisan tanahnya. Sedangkan H2 merupakan tebal lapisan di atasnya dijumlahkan dengan setengah dari tebal lapisan dibawahnya.  $Y_{sat}$ ,  $Y_w$ ,  $C_c$ ,  $e_0$ , dan  $C_v$  merupakan data dari Hasil uji Laboratorium.

### Analisa Konsolidasi besar Penurunan Tanah

Tinggi timbunan yang akan di jadikan oleh tanah dasar ,akan di uraikan dalam bentuk tabel.berikut merupakan tabel dari tinggi timbunan yang akan di perlukan.

No	Nama	Nilai	Satuan
1	El. Bottom Perkerasan Tanah	3,56	m'
2	El. Eksisting Permukaan Tanah	3	m'
3	Tinggi timbunan di Bawah Perkerasan (H1)	2,5	m'
4	Ekuivalen Beban Pesawat terkritis Boeing 737-800 NG	3,22	m'
5	Tinggi timbunan Total (3+4)	5,72	m'
6	Ekuivalen Beban Perkerasan	0,69	m'

Selanjut nya menghitung  $\Delta\sigma$  yaitu dengan  $Y_{sat}$  timbunan di kali dengan elevasi total.pada perencanaan pembangunan Bandar udara pohanwato elevasi total nya adalah 2,5m,dan  $Y_{sat}$  timbunan nya adalah  $1,86 \text{ KN/m}^2$  setelah menemukan kedua perhitungan tersebut dapat dihitung dengan perhitungan berikut ini

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= \text{beban pesawat} \\ &+ (Y_{sat} \text{ timbunan} \times \text{elevasi total}) \\ &+ \text{Beban Perkerasan} \\ &= 60 \text{ kN/m}^2 + (18,6 \text{ KN/m}^2 \times 2,5 \text{ m}) + 0,69 \\ &= 65,15 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

*Pada Tahap awal perkerjaan*

$$\begin{aligned} \text{Tinggi timbunan} &= 2,5 + \frac{60}{18,6} + \frac{BP}{18,6} \\ \text{Tinggi timbunan} &= 2,5 + \frac{60}{18,6} + \frac{0,69}{18,6} \\ \text{Tinggi timbunan} &= 5,75 \text{ m} \end{aligned}$$

*Lapisan pertama*

$$\begin{aligned} \text{Overconsolidated } \sigma'_{o} + \Delta\sigma &< \sigma'_{c} \\ = 32 + 65,15 &< 120,00 \\ = 97,15 &< 120,00 \\ se &= \frac{0,007 \times 8}{1 + 0,082} \log \frac{32 + 65,15}{32} \\ &= 0,0517 \log 3,035 \\ &= 0,0248 \text{ m} \end{aligned}$$

*Lapisan Kedua*

$$\begin{aligned} \text{Overconsolidated } \sigma'_{o} + \Delta\sigma &< \sigma'_{c} \\ = 95,5 + 65,15 &< 120,00 \\ = 160,65 &> 120,00 \\ \text{bila } \sigma'_{o} + \Delta\sigma &> \sigma'_{c}, \text{ maka:} \\ se &= \frac{Cs \times H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_{c}}{\sigma'_{o}} + \frac{Cc \times H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_{o} + \Delta\sigma}{\sigma'_{c}} \\ se &= \frac{0,007 \times 8}{1 + 0,082} \log \frac{120,00}{95,5} \\ &+ \frac{0,15 \times 8}{1 + 0,082} \log \frac{95,5 + 65,5}{95,5} \\ se &= 0,0517 \log 1,25 + 1,109 \log 1,68 \\ se &= 0,005 + 0,249 \\ &= 0,254 \text{ m} \\ se \text{ total} &= 0,0248 + 0,254 = 0,2788 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah Menghitung Besar Penurunan dan mendapatkan hasil Besar Penurunan Total nya kita hitung Kembali Tinggi timbunan nya agar mendapat kan hasil yang sesuai dengan tinggi timbunan yang diharapkan

$$\begin{aligned} \Delta T &= \text{Tinggi timbunan} \times H \text{ lapisan 1} \\ \Delta T &= 5,75 \times 18,6 \\ \Delta T &= 106,95 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Selanjut nya  $\Delta T$  di masukan kedalam perhitungan Besar penurunan (se) untuk mendapatkan tinggi timbunan yang mendekati dengan 6 meter.

$$\begin{aligned} \text{Lapisan tanah 1} \\ se &= \frac{0,007 \times 8}{1 + 0,082} \log \frac{32 + 106,95}{32} \\ se &= 0,019 \text{ m} \\ \text{Lapisan tanah 2} \\ se &= \frac{0,007 \times 7}{1 + 0,082} \log \frac{120,00}{95,5} \\ &+ \frac{0,15 \times 7}{1 + 0,84} \log \frac{95,5 + 106,95}{95,5} \\ se &= 0,026 \log 1,25 + 0,57 \log 2,11 \\ se &= 0,00251 + 0,1848 \\ se &= 0,18731 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} se \text{ total} &= 0,019 + 0,18731 = 0,20631 \text{ m} \\ \Delta T \text{ baru} &= 5,75 + 1,2 \times 0,20631 = 6 \text{ m} \\ \Delta T \text{ baru} &= 6 \times 18,6 = 111,6 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapisan Tanah 1} \\ se &= \frac{0,007 \times 8}{1 + 0,082} \log \frac{32 + 111,6}{32} \\ se &= 0,03 \log 4,48 \\ &= 0,0195 \text{ m} \\ \text{Lapisan Tanah 2} \\ se &= \frac{0,007 \times 7}{1 + 0,082} \log \frac{120}{95,5} \\ &+ \frac{0,15 \times 7}{1 + 0,84} \log \frac{95,5 + 111,6}{95,5} \\ se &= 0,026 \log 1,25 + 0,57 \log 2,16 \\ se &= 0,00251 + 0,19 \\ se &= 0,19251 \text{ m} \\ se \text{ total} &= 0,0195 + 0,19251 \\ se \text{ total} &= 0,212 \text{ m} \\ 6 \text{ meter} - 0,212 \text{ meter} &= 5,788 \text{ meter} \end{aligned}$$

### Analisa Waktu Penurunan Konsolidasi Tanah Maksimal

Analisa waktu penurunan diperlukan perhitungannya untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam penurunan Konsolidasi tanah.

$$Cv = 0,2725 \text{ cm/menit}$$

$$Tv = 0,848$$

$$Hdr^2 = 15^2$$

$$t_{90} = \frac{Tv \times Hdr^2}{Cv}$$

$$t_{90} = \frac{0,848 \times 15^2}{0,2725 \text{ cm/menit}}$$

$$t_{90} = \frac{1908000}{0,2725}$$

$$t_{90} = 7001834,86 \text{ menit} = 13,32 \text{ tahun}$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perencanaan Desain Prefabricated vertical Drain (PVD)

Dalam perencanaan PVD di perlukan nya menentukan dimensi yang akan digunakan.hal ini diperlukan untuk mendapatkan dimensi spasi dan konfigurasi PVD ,maka dari itu diperlukan nya perhitungan dengan memvariasikan konfigurasi dan spasi tersebut. Sehingga akan didapatkan desain PVD sesuai yang direncanakan. PVD memiliki dua jenis konfigurasi yaitu Konfigurasi segitiga dan segiempat. Sedangkan spasi yang akan digunakan adalah 1 m, 1,2 m,1,4 m dan 1,6 m.

Setelah selesai dalam merencanakan bentuk desain PVD selanjutnya di perlu dilakukanya perhitungan dengan mengkombinasikan konfigurasi.konsolidasi (U) dan waktu yang dibutuhkan. pada tugas akhir ini akan memperhitungkan konfigurasi segiempat dan spasi yang berbeda.

#### Perencanaan PVD Konfigurasi Segitiga

Desain PVD yang di rencanakan ini dilakukan dengan konfigurasi 4 spasi yaitu 1 m, 1,2 m,1,4 m, dan 1,6 m.berikut ini adalah merupakan tahapan perhitungan yang dilakukan untuk permodelan PVD *vertical drain* dengan menggunakan spasi 1

meter,dalam perhitungan ini menggunakan rumus persamaan 2.19

1. Menentukan jari-jari ekuivalen PVD

$$dw \frac{2(a + b)}{\pi} = \frac{2(0,005 + 0,10)}{3,14} = 0,066 \text{ m}$$

$$rw = \frac{0,066}{2} = 0,033 \text{ m}$$

2. Menentukan diameter *mandrel*

$$dm = \sqrt{\frac{4 \times Am}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times (0,005 \times 0,10)}{3,14}} = 0,025 \text{ m}$$

3. Menentukan Jari-jari ekuivalen zona pengaruh PVD

$$de = 1,05 \times S = 1,05 \times 1 = 1,05 \text{ m}$$

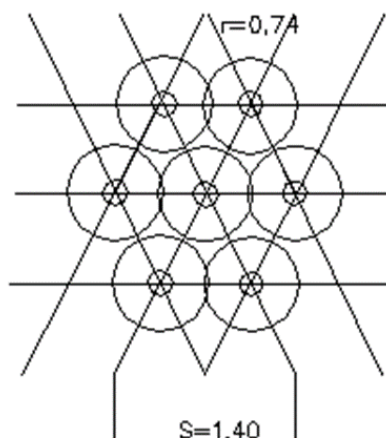
$$re = \frac{1,05}{2} = 0,53 \text{ m}$$

Nilai dari  $d_e$  dan  $r_e$  Selanjutnya akan dihitung dengan spasi 1,2 m, 1,4 m, dan 1,6 m.

Spasi (m)	$d_e$ (m)	$r_e$ (m)
1	1,05	0,53
1,2	1,26	0,63
1,4	1,47	0,74
1,6	1,68	0,84

berikut merupakan hasil dari perhitungannya Pada perencanaan ini PVD yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Konfigurasi : Segitiga  
a (Lebar PVD) : 5 mm  
b (Ketebalan PVD) : 100 mm  
r (jari-jari) : 0,74 m  
spasi : 1,4 m  
Kedalam : 17 m





### Perhitungan Derajat Konsolidasi tanpa efek smear zone

Untuk menghitung derajat konsolidasi menggunakan PVD tanpa efek *smear zone*. Perhitungan ini menggunakan rumus dari Barron (1948) yang selanjutnya dikembangkan oleh Kjellman (1949). Berikut tahap tahap perhitungannya, dalam perhitungan perumusan ini memakai persamaan 2.27

a. Menghitung nilai n

-Nilai n dengan konfigurasi segitiga dan spasi 1 m

$$n = \frac{de}{dw} = \frac{1,05}{0,066} = 15,85 \text{ m}$$

-Nilai n dengan konfigurasi segiempat dan spasi 1m

$$n = \frac{de}{dw} = \frac{1,13}{0,066} = 17,12 \text{ m}$$

Maka nilai n untuk spasi 1,2 m 1,4 m dan 1,6 m sebagai berikut ini.

spasi	segitiga
1	15,85
1,2	19,03
1,4	22,20
1,6	25,37

spasi	segiempat
1	17,12
1,2	20,54
1,4	21,21
1,6	24,24

Tabel 3 Kapasitas Kelompok Tiang

b. Nilai dari  $C_v$

$$C_v = 0,2725 \text{ cm/menit} = 13,32 \text{ cm/tahun}$$

c. Menghitung nilai dari  $C_h$

$$C_h = 1,2 \times C_v = 1,2 \times 13,32 \text{ cm} = 15,984 \text{ cm/tahun} = 0,0437 \text{ cm/hari}$$

d. Menghitung besar factor waktu pengaliran vertical dan radial dengan *vertical drain*

$$t = 90 \text{ hari}$$

$$t_v = 0,848$$

$$Tr = \frac{Ch \times t}{de^2} = \frac{0,0437 \times 90}{(1,05)^2} = 3,567$$

e. menghitung nilai  $F(n)$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2-1} \ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2}$$

$$= \frac{17,12^2}{17,12^2-1} \ln(17,12) - \frac{3 \times 17,12^2-1}{4 \times 17,12^2}$$

$$= 2,03$$

spasi	segitiga
1	2,03
1,2	2,20
1,4	2,36
1,6	2,49

Derajat konsolidasi rata-rata untuk arah horizontal ( $U_h$ )

$$U_h = 1 - \exp\left[\frac{-8Tr}{F(n)}\right]$$

$$= 1 - \exp\left[\frac{-8 \times 3,567}{2,03}\right]$$

$$= 0,9999 \times 100\% = 99,90\%$$

Besar derajat konsolidasi total

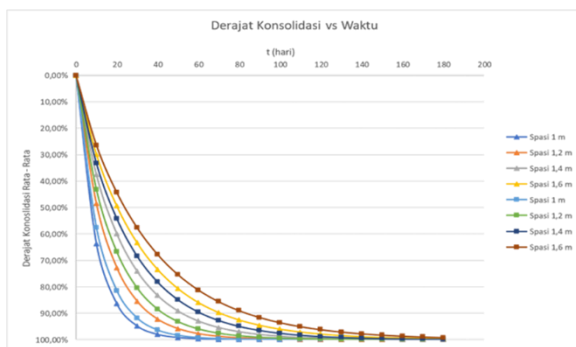
$$U = 1 - [(1 - U_v) \times (1 - U_h)]$$

$$= 1 - [(1 - 0,848) \times (1 - 0,9999)]$$

$$= 0,9999 \times 100\% = 99,9\%$$

Bedasarkan perhitungan yang telah dipaparkan, maka akan dibentuk dalam bentuk tabel dan dikelompokkan berdasarkan konfigurasi dan spasinya.

t(hari)	$U_{total}$							
	Segitiga				Persegi			
	1 m	1,2 m	1,4 m	1,6 m	1 m	1,2 m	1,4 m	1,6 m
0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	61,93%	45,99%	26,43%	34,52%	57,52%	43,16%	33,22%	26,38%
20	85,51%	70,83%	45,88%	57,12%	81,46%	66,80%	54,18%	44,30%
30	94,48%	84,25%	60,18%	71,92%	91,87%	80,52%	68,41%	57,67%
40	97,90%	91,49%	70,71%	81,62%	96,43%	88,54%	78,18%	67,76%
50	99,20%	95,41%	78,45%	87,96%	98,43%	93,25%	84,90%	75,41%
60	99,70%	97,52%	84,15%	92,12%	99,31%	96,02%	89,54%	81,22%
70	99,88%	98,66%	88,34%	94,84%	99,69%	97,65%	92,75%	85,65%
80	99,96%	99,28%	91,42%	96,62%	99,87%	98,61%	94,97%	89,03%
90	99,98%	99,61%	93,69%	97,79%	99,94%	99,18%	96,51%	91,61%
100	99,99%	99,79%	95,36%	98,55%	99,97%	99,52%	97,58%	93,58%
110	100,00%	99,89%	96,58%	99,05%	99,99%	99,71%	98,32%	95,08%
120	100,00%	99,94%	97,49%	99,38%	99,99%	99,83%	98,83%	96,23%
130	100,00%	99,97%	99,66%	99,84%	100,00%	99,90%	99,19%	97,11%
140	100,00%	99,99%	99,78%	99,88%	100,00%	99,94%	99,44%	97,79%
150	100,00%	99,99%	99,86%	99,18%	100,00%	99,96%	99,61%	98,31%
160	100,00%	100,00%	99,91%	99,40%	100,00%	99,98%	99,73%	98,70%
170	100,00%	100,00%	99,94%	99,56%	100,00%	99,99%	99,81%	99,00%
180	100,00%	100,00%	99,96%	99,68%	100,00%	99,99%	99,87%	99,24%



Berdasarkan perhitungan tersebut, untuk mencapai derajat konsolidasi 90% dengan jangka waktu 90 hari, maka pilihan yang tepat yaitu dengan konfigurasi segitiga dengan spasi 1,4 meter.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perencanaan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan dalam beberapa hal sebagai berikut:

1. Penurunan tanah yang dialami sebesar 0,212 meter Selama kurun waktu 90 hari.
2. Tinggi timbunan yang dibutuhkan dalam Pekerjaan area Pembangunan Runway Bandar Udara Puhwato Gorontalo untuk mencapai yaitu sebesar 6 meter.
3. Hasil analisa perhitungan konsolidasi tanah pada Pekerjaan Pembuatan Bandar Udara Puhwato Gorontalo yaitu untuk mencapai derajat konsolidasi 90% membutuhkan waktu 90 hari, dengan konfigurasi segitiga. Jarak antar PVD direncanakan menggunakan 1,4 meter dan jari-jari 0,74 meter.
4. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan pada perencanaan PVD yaitu sebesar Rp.32.459.515.000 dengan konfigurasi segitiga, yang mana jarak antar PVD 1,4 meter dengan kedalaman 17 meter.

### Saran

Dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu masih perlu adanya pengembangan lebih lanjut. Maka dari itu adapun saran yang dapat diberikan untuk hasil Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat memperhitungkan jenis tanah yang berada disekitar daerah pembangunan bandar udara puhwato, sehingga sesuai dengan data tanah yang uji lab dan dapat menentukan metode perbaikan tanah yang cocok dengan tanah tersebut.

2. Peneliti Selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan apabila terjadi nya Penaikan Air Rob sehingga bisa dihitung Kembali next Level air yang merendam daerah sekitaran bandara sehingga dapat mengetahui dampak terhadap area bandara dan sekitaran nya

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aguan. (2021). *Karakteristik geotekstil dan jenis nya*. Surabaya, Indonesia: PT. Mega Abadi Perkasa
- [2] American Standard Testing and Mineral. (2023). *Standard Terminology for Geosynthetics*. United States: ASTM International.
- [3] Biology LibreTexts. (2022). *Pengertian Tanah lempung dan tanah lempung Berpasir*.
- [4] Carter, Micheal and Bentley, Stephen P. 1991. *Correlations of Soil Properties*. Amerika Serikat: Pentech Press.
- [5] Das. (1995). *Pengertian Tanah secara Teknik umum*.
- [6] Didiet Adhitya Melle, Popo jatmiko. (1999). *Pemakaian Geotextile Sebagai perkuatan tanah lunak pada badan jalan*.
- [7] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara



- Nomor. (2019). *KP 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standart CASR – Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodrome)*. Jakarta.
- [8] Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2021). *Nomor KP 14 Tahun 2021 tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara*. Jakarta.
- [9] Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2021). *Nomor KP. 13 Tahun 2021 tentang Rencana Strategis Dirjen Perhubungan Udara Tahun 2020-2024*. Jakarta.
- [10] Direktur Jendral Perhubungan Udara. (2015). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 94 Tahun 2015 Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-23 (Advisory Circular CASR Part 139-23), Pedoman Program Pemeliharaan Konstruksi Perkerasan Bandar Udara (Pavement Management System)*. Jakarta.
- [11] Dos Santos, M., & Suryono, W. (2023, February). *Planning of Rigid Pavement on Surface Level Heliport at Rahadi Oesman Airport Ketapang–West Kalimantan*. In *International Conference on Advance Transportation, Engineering, and Applied Science* (ICATEAS 2022) (pp. 233-250). Atlantis Press.
- [12] Fadhliah Nurul Azizah, Niken Silmi Surjandari, sholihin As'ad. (2014). *Penggunaan Geotekstil pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta*.
- [13] Fauizek dkk. (2018). *Jurnal tentang Pengertian tanah dan karakteristik tanah*.
- [14] Fauzi, H. Y., & Winiasri, L. (2021). **PERENCANAAN STOPWAY PADA UJUNG RUNWAY 01 DENGAN FLEXIBLE PAVEMENT DI BANDAR UDARA KALIMARAU BERAU**. In *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)* (Vol. 5, No. 2).
- [15] Ir. Kurniadji. (1992). *Penelitian penggunaan Geotekstil untuk pelapisan ulang Perkerasan*.
- [16] Kharima, D. H., Hartatik, N., & Winiasri, L. (2022). **ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN PERKERASAN FLEXIBLE PADA APRON DENGAN METODE PCI DI BANDAR UDARA RAHADI OESMAN KETAPANG**. In *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)* (Vol. 6, No. 1).
- [17] Materials, A. S. (2012). *Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*. United States: ASTM International.

- [18] Menteri Perhubungan Nomor. (2013). *KP 925 Tahun 2013 tentang Penetapan Lokasi Bandar Udara Pohuwato di Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo*. Jakarta.
- [19] Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2014). *Nomor : PM 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan*. Jakarta.
- [20] Menteri Perhubungan RI. 2017. *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. 326 Tahun 2017 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standard CASR 60 Part 139), Volume I Bandar Udara (Aerodrome)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- [21] Michael, Joshua dan Aksa Kawanda. 2020. *Perencanaan Prefabricated Vertical Drain Menggunakan Metode Elemen untuk Memperoleh Pola dan Jarak yang Efektif*. Jakarta: Universitas Tarumanegara.
- [22] Pemerintah Daerah Kabupaten Pohuwato. (2022). *Standarisasi Harga Barang dan Jasa Tahun 2022 Pemerintah Daerah Pohuwato*. Gorontalo.
- [23] Sinta Amilaila Arvindu. 2021. *Analisa perbaikan Tanah dengan Metode Prefabricated Vertical Drain pada Runway Strip di Bandar Udara Juwata Tarakan*. Surabaya: Politeknik Penerbangan Surabaya
- [24] Terzaghi, B. R., & Peck, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. New York: John Willey & Sons.
- [25] Terzaghi, Karl and Peck, B Ralph. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: Willey.
- [26] Terzaghi, Karl and Peck, B Ralph. 1997. *Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition*. New York: John Willey & Sons.
- [27] Wasito, B., Suryono, W., SP, S. H., Fatimah, S., Supriadi, S., Pahala, F., & Winiastri, L. (2022). ANALISIS DAN PERBAIKAN DRAINASI SERTA JALAN RAYA DI LINGKUNGAN KAMPUS POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA JALAN JEMUR ANDAYANI NO 73 SURABAYA. *Journal of Public Transportation*, 13, 17.