

## **ANALISIS GEOTEKNIK PADA TAXIWAY DI PROYEK PENGEMBANGAN BANDARA AHMAD YANI SEMARANG**

**Puspania Okpatiasari, Lydia Tiara, Sri Prabandiyani R.W.\*), Siti Hardiyati\*)**

*Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060*

### **ABSTRAK**

*Pertumbuhan suatu daerah menyebabkan peningkatan pula suatu kebutuhan transportasi diiringi dengan fasilitas yang ada, tak terkecuali transportasi udara. Maka dari itu, pemerintah provinsi Jawa Tengah bersama PT Angkasa Pura I memulai proyek pengembangan Bandara Ahmad Yani untuk memenuhi standar internasional dalam pelayanan dan keselamatan penerbangan. Lokasi proyek pengembangan terletak di daerah bekas tambak, dimana elevasi dibawah permukaan air laut dan memiliki muka air tanah yang tinggi. Hal ini berarti proyek dibangun di atas tanah lunak yang memerlukan perbaikan untuk meningkatkan daya dukung tanah terhadap beban rencana. Sebelum dilakukan perbaikan, dilakukan analisis terlebih dahulu terhadap tanah existing sehingga dapat menentukan perbaikan apa yang tepat dan sesuai. Analisis dilakukan dengan data-data hasil investigasi tanah, gambar rencana yang ada dan persamaan-persamaan yang sesuai dengan literatur. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah tidak aman ( $SF < 1,3$ ) untuk menahan beban rencana dan membutuhkan waktu 451 tahun untuk menyelesaikan penurunan primer sebesar 2,58 m, hingga kondisi stabil serta total seluruh penurunan yang terjadi sebesar 3,007 m. Dilihat dari hasil analisis tanah existing, maka diperlukan perbaikan tanah yang sesuai yaitu dengan PVD (Prefabricated Vertical Drain), untuk mempercepat waktu penurunan sehingga waktu penurunan yang dibutuhkan hanya 487 hari dan preloading untuk meningkatkan daya dukung tanah ( $SF > 1,3$ ).*

**Kata kunci:** bandara; stabilitas tanah; preloading; pvd

### **ABSTRACT**

*Developing of a region cause a high demand of transportation with its facilities, no exception for air transportation. Because of that, the government of Central Java with PT Angkasa Pura I decide to start a developing project of Ahmad Yani Airport for upgrading its facilities and safety flights as international airport. The project's location used to be a swamp land, it means that the project is located under sea water level, has high ground water level and constructed above soft soil. From the sentence before, it is known that this project need some solutions for improving soil's bearing capacity. Before doing the improvement, analysing of the existing soil is a requirement for choosing the right improvement. Data of soil investigation, detail engineering design and some equations based on literature are needed for doing this analysis. Then the result show that soil is not safe ( $SF < 1,3$ ) to support the load and need 451 years for 2,58 m of primary settlement to reach stable condition. Total of settlement (immediate settlement, primary settlement and secondary settlement) is 3,007 m. From the result, the improvement that can be applied in this project is PVD (Prefabricated Vertical Drain) for accelerating the settlement time (the project just need 487 days for*

*primary settlement with PVD) and preloading for improving soil's bearing capacity (SF>1,3).*

**Keywords:** *airport; bearing capacity; preloading; pvd*

*\*) Penulis Penanggung Jawab*

## **PENDAHULUAN**

Dalam menunjang pertumbuhan penduduk serta ekonomi suatu daerah, salah satunya adalah dibutuhkan pengembangan suatu sistem transportasi, tak terkecuali transportasi udara. Peningkatan kebutuhan masyarakat akan kebutuhan transportasi udara tidak terdukung dengan adanya fasilitas bandar udara yang ada pada Bandara Internasional Ahmad Yani. oleh karena itu pemerintah provinsi Jawa Tengah bersama PT Angkasa Pura I memulai proyek pengembangan Bandara Internasional Ahmad Yani untuk memenuhi standar internasional dalam pelayanan dan keselamatan penerbangan.

Proyek pengembangan Bandara Internasional Ahmad Yani ditargetkan selesai dan dapat segera beroperasi di tahun 2018. Pengembangan Bandara Internasional Ahmad Yani dilakukan untuk meningkatkan fasilitas bandara seperti dibangunnya terminal baru yang lebih besar, dilakukan *overlay* pada *runway*. Selain itu, pembangunan apron dan *taxiway* baru juga dilakukan dengan harapan Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang mampu melayani maskapai penerbangan yang lebih besar.

Kawasan Bandara Internasional Ahmad Yani berada di daerah bekas tambak dengan elevasi dibawah permukaan air laut, dan memiliki muka air tanah yang tinggi. Hal ini berarti semua komponen bandar udara baik *airside* maupun *landside* berada di atas tanah lunak. Kelemahan yang dimiliki tanah lunak yaitu daya dukung dan stabilitas yang sangat rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukannya perbaikan tanah sehingga nantinya pekerjaan perkerasan pada *taxiway* tidak mengalami kegagalan konstruksi, sehingga perlu dilakukan Analisis Geoteknik pada *Taxiway* di Proyek Pengembangan Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang.

## **METODOLOGI**

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data sekunder yang menunjang adalah: literatur dari instansi terkait yaitu PT. Angkasa Pura I dan PT. Adhiyasa Desicon, peta, data tanah, grafik dan tabel yang berkaitan dengan proses penelitian:

1. Data yang diperoleh berupa data uji lapangan (*N-SPT* dan Sondir), uji laboratorium (*water content*, berat jenis tanah, berat volume tanah, plastisitas, koefisien konsolidasi dan kuat geser), data tanah timbunan, serta gambar rencana yang digunakan pada Proyek Pengembangan Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang.
2. Analisis data
  - a. Data Tanah
    - Data tanah yang digunakan untuk analisis adalah BM 05 dan Sondir 06.
    - Tanah timbunan yang diuji dengan pemeriksaan *Proctor Standard* untuk mendapatkan kadar air optimum tanah timbunan.
    - Nilai modulus Young dan angka Poisson merupakan korelasi dari nilai *N-SPT* sedangkan sudut geser dalam merupakan asumsi.

- Nilai kohesi untuk tanah timbunan merupakan asumsi, sedangkan nilai kohesi untuk tanah dasar didapatkan dari korelasi nilai N-SPT.
  - b. Analisis Beban  
Beban yang diperhitungkan adalah beban pesawat, beban perkerasan, beban *sand blanket* dan beban timbunan lama. Semua beban ini akan diekivalensikan ke beban *preloading*.
  - c. Analisis Daya Dukung  
Analisis daya dukung dihitung berdasarkan teori *Mayerhoff*. Analisis daya dukung dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah terhadap beban rencana.
  - d. Analisis Waktu Konsolidasi  
Analisis ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama penurunan yang akan terjadi. Waktu penurunan tanah dipengaruhi oleh koefisien konsolidasi dan panjang drainase.
3. Analisis perbaikan tanah (*Preloading* dan *PVD*)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Data dan Analisis Parameter Tanah**

Data tanah yang digunakan adalah data NSPT dan sondir. Pengeboran untuk uji tanah dilakukan pada 6 titik. Pada analisis ini digunakan BM 05 dan Sondir 06.

Data Tanah

Parameter data tanah dari titik BM 05 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi Hasil Uji Lapangan pada Titik BM 05

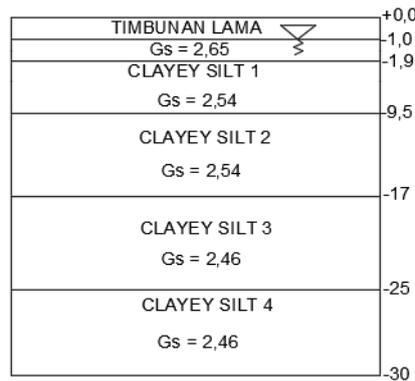
Kedalaman m	Soil Description	N-SPT	Cu	qc	φ (°)
			Cu = 5 x NSPT (kN/m <sup>2</sup> )	(Data Sondir) (kN/m <sup>2</sup> )	
0	SAND / TIMBUNAN LAMA	-	-	-	-
1,9	CLAYEY SILT 1	2	10	885	0
9,5	CLAYEY SILT 2	6	30	932,05	0
17	CLAYEY SILT 3	20	100	4192,5	0
25	CLAYEY SILT 4	27	135	7422,05	0
30					

Data parameter tanah

Dari data laboratorium pada BM 05 didapatkan parameter acuan dalam desain beserta profil tanah yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2. Data Laboratorium BM.05

Lapisan	Tebal Lapisan	Gs	e	$\gamma_{water}$	$\gamma_{sat}$	$\phi$ (°)
	M			(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	
Timbunan lama	1,9	2,65	0,35	10	-	30
Clayey silt 1	7,6	2,54	2,26	10	14,72	0
Clayey silt 2	7,5	2,54	1,22	10	16,93	0
Clayey silt 3	8	2,46	2,18	10	14,59	0
Clayey silt 4	5	2,46	2,18	10	14,59	0



Gambar 1. Lapisan Tanah Berdasarkan Hasil Boring BM 5

Data material timbunan

Tanah timbunan diuji dengan pemeriksaan *Proctor Standard*. Dari hasil uji Proctor didapatkan kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) adalah sebesar 17,2 %. Nilai *Modulus Young*, angka *Poisson*, kohesi, dan sudut geser merupakan data asumsi. Material tanah timbunan secara rinci ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Material Tanah Timbunan

No	Parameter	Tanah Timbunan	Satuan
1	Berat Jenis ( $\gamma$ )	17,2	kN/m <sup>3</sup>
2	<i>Modulus Young</i> (E)	2000	kN/m <sup>2</sup>
3	<i>Angka Poisson</i> ( $\nu$ )	0,3	-
4	Kohesi (C)	1	kN/m <sup>2</sup>
5	Sudut Geser dalam ( $\phi$ )	30	°
6	<i>Atterberg Limit</i> - LL (%) - PL (%) - PI (%)	NON PI	-

**4. Analisis Beban**

Perhitungan beban menggunakan rumus dasar dimana berat jenis dikalikan tebal material atau beban itu sendiri, perhitungan ini dinyatakan pada Persamaan 1:

$$\text{Beban} = \gamma_{\text{beban}} \times h_{\text{beban}} \dots \dots \dots 1$$

1) Beban pesawat = 1,4 t/m<sup>2</sup>

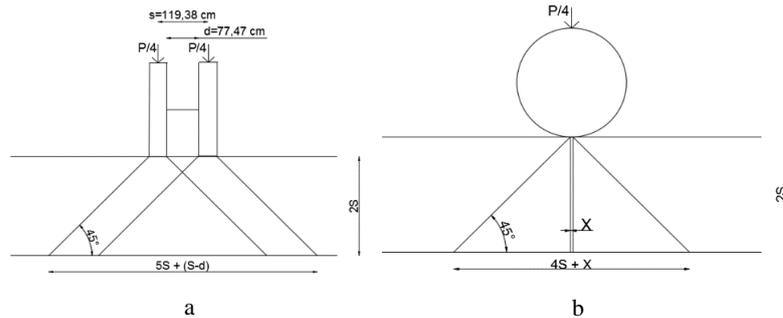
Beban pesawat yang digunakan diambil dari *maximum taxi weight* pesawat Boeing 737-900 ER dan *main gear pressure* (roda belakang) sebesar 15 kg/cm<sup>2</sup> (*Boeing Commercial Airplanes, 2013*).

Lebar roda = 16,5 inci (*Boeing Commercial Airplanes, 2013*)

Jarak antar roda = 30,5 inci (*Boeing Commercial Airplanes,2013*)

$$\begin{aligned}
 W &= 85,366 \text{ kg} \\
 P &= 95\% W \text{ (*Boeing Commercial Airplanes,2013*)} \\
 &= 95\% \times 85,366 \text{ kg} \\
 &= 81097,7 \text{ kg ( untuk dual wheel bagian kanan dan kiri )} \\
 P_{1 \text{ roda}} &= \frac{P}{4}
 \end{aligned}$$

Ilustrasi distribusi beban pesawat modifikasi dari *Basuki* (1985) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Ilustrasi Distribusi Beban Pesawat Tampak Depan dan (b) Distribusi Beban Pesawat Tampak Samping (modifikasi dari *Basuki*, 1985)

Persamaan untuk perhitungan beban pesawat didapat dari modifikasi gambar *Basuki* (1985), yaitu Gambar 2. Beban pesawat dihitung dari Persamaan 2 sampai Persamaan 5.

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{P/4}{\text{main gear pressure}} \times \frac{1}{\text{lebar ban}} \dots\dots\dots 2 \\
 B &= 4S + 0,3 \dots\dots\dots 3 \\
 S &= \text{Lebar Roda} + \text{Jarak Antara Roda} \dots\dots\dots 4 \\
 \text{Beban Pesawat} &= \frac{P \text{ (untuk dual wheel)}}{(5s+(s-d)) \times (4s+x)} \dots\dots\dots 5
 \end{aligned}$$

2) Beban perkerasan = 2,627 t/m<sup>2</sup>, diperoleh dari Persamaan 1, dimana:

- Subbase course + semen (5%) = 73 cm ( $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^2$ )
- Base course + semen (5%) = 43 cm ( $\gamma = 2,1 \text{ t/m}^2$ )
- Binder Course (ATB) = 6 cm ( $\gamma = 2,2 \text{ t/m}^2$ )
- Wearing Course (AC) = 6 cm ( $\gamma = 2,2 \text{ t/m}^2$ )

3) Beban *sand blanket* = 1,2 t/m<sup>2</sup>, diperoleh dari Persamaan 1, dimana:

Tebal *sand blanket* = 0,75 m

4) Beban timbunan rencana = 1,601 t/m<sup>2</sup>, diperoleh dari Persamaan 1, dimana:

Total tebal perkerasan = 128 cm; elevasi *taxiway* tertinggi = + 2,961; Tebal *sand blanket* = 0,75 m;  $\gamma_{dry}$  timbunan = 17,2 kN/m<sup>3</sup>.

$$\text{Tinggi timbunan} = \text{Elevasi taxiway tertinggi} - \text{tebal perkerasan} - \text{tebal Sand blanket}$$

5) Beban timbunan lama = 2,818 t/m<sup>2</sup>, diperoleh dari Persamaan 1, dimana:

Elevasi awal timbunan *existing* = ± 0,00 m.

- Elevasi akhir timbunan *existing* = - 1,90 m
- Permukaan air = - 1,00 meter
- $\gamma_{dry}$  timbunan lama = 1,72 t/m<sup>3</sup>
- $\gamma_{sat}$  timbunan lama = 2,22 t/m<sup>3</sup>

**5. Analisis Perbaikan Tanah**

Sebelum dilakukan konstruksi *taxiway* dilakukan analisis daya dukung, penurunan, serta waktu penurunan terhadap beban rencana. Dari hasil analisis tersebut akan ditentukan apakah dilakukan perbaikan tanah atau tidak. Dari hasil analisis daya dukung tanah didapat bahwa beberapa lapisan tanah berada pada kondisi tidak aman. Hasil perhitungan daya dukung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya Dukung

Lapisan	SF	Keterangan
Clayey silt 1	0,58	SF<1,3(tidak aman)
Clayey silt 2	0,89	SF<1,3(tidak aman)
Clayey silt 3	1,66	SF>1,3(aman)
Clayey silt 4	1,83	SF>1,3(aman)

Besar penurunan tanah yang terjadi merupakan hasil penurunan tanah segera, primer, dan sekunder. Untuk menghitung penurunan digunakan Persamaan 6, Persamaan 7, dan Persamaan 8.

Menurut *Steinbrenner* (1934) dalam *Das* (2007), Penurunan Segera (*S<sub>i</sub>*) dihitung dari Persamaan 6 :

$$S_i = q_0 \left( \alpha B' \right)^{\frac{1-\mu^2}{E_s}} I_s I_f \dots\dots\dots 6$$

$$S_i = 0,387 \text{ m}$$

Penurunan Primer (*S<sub>c</sub>*) dihitung dari Persamaan 7 (*Das et al.,1988*) :

$$S_c = \frac{H.Cc}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \dots\dots\dots 7$$

$$S_c = 2,58 \text{ m}$$

Penurunan Sekunder (*S<sub>s</sub>*) dihitung dari Persamaan 8 (*Das et al.,1988*) :

$$S_s = \frac{H.Ca}{1+e} \log \frac{T_{design}}{t_c} \dots\dots\dots 8$$

$$S_s = 0,04 \text{ m}$$

$$S_{total} = S_i + S_c + S_s = 3,007 \text{ m}$$

Setelah didapat penurunan yang terjadi dilakukan analisis waktu penurunan untuk menyelesaikan penurunan tersebut. Perhitungan waktu penurunan tanah dan faktor waktu didapat dari Persamaan 9 sampai Persamaan 12 (*Das et al.,1988*):

$$T = \frac{H d r^2 T_v}{c_v} \dots\dots\dots 9$$

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left( \frac{U}{100} \right)^2 \dots\dots\dots 10$$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log (100-U\%) \dots\dots\dots 11$$

$$S_t = U \times S_c \dots\dots\dots 12$$

dimana:

T = Waktu konsolidasi (Tahun)

Tv = Faktor waktu (Untuk  $U \leq 60\%$  dihitung dari Persamaan 10, dan untuk  $U > 60\%$  dihitung dari Persamaan 11)

St = Penurunan pada waktu konsolidasi U % (m)

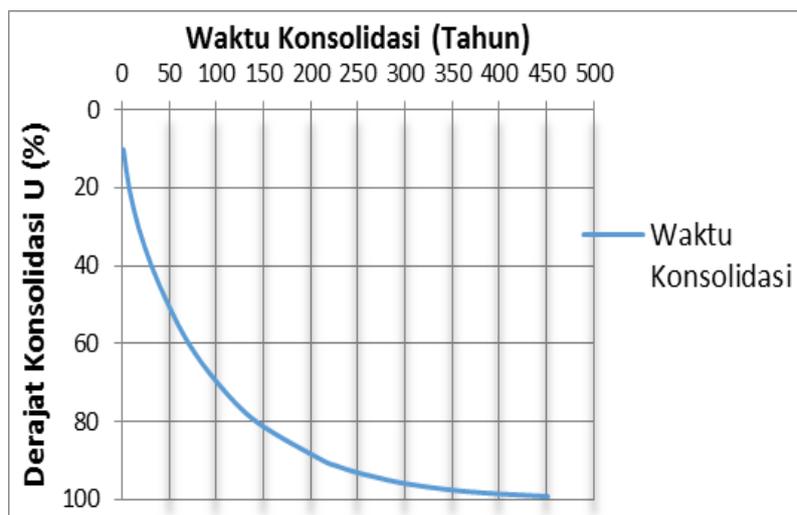
Sc = Penurunan konsolidasi primer sebesar 2,58 m dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan 7.

U = Derajat konsolidasi (%)

Hasil perhitungan waktu penurunan tanah dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 3.

Tabel 5. Perhitungan Waktu Penurunan Tanah

Faktor Tv	Derajat Konsolidasi (U) %	Waktu Konsolidasi (Tahun)	Penurunan Konsolidasi (St)
0,008	10	2	0,26
0,031	20	8	0,52
0,071	30	18	0,77
0,126	40	32	1,03
0,196	50	50	1,29
0,283	60	72	1,55
0,403	70	102	1,81
0,567	80	144	2,07
0,848	90	215	2,32
0,891	91	226	2,35
0,938	92	238	2,38
0,993	93	252	2,40
0,993	93	252	2,40
1,129	95	286	2,45
1,219	96	309	2,48
1,336	97	339	2,51
1,500	98	380	2,53
1,781	99	451	2,56



Gambar 3. Grafik Waktu Penurunan Tanah

Dalam hal ini *Owner* memberikan waktu pengerjaan perbaikan tanah selama 1,5 tahun. Namun, perhitungan Tabel 5 menyatakan bahwa tanah akan mengalami penurunan primer sebesar 2,58 m dalam waktu 451 tahun. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan tanah untuk mencapai penurunan yang diinginkan sesuai waktu yang ditentukan yaitu 1,5 tahun. Pada tahap perbaikan tanah metode yang digunakan adalah *preloading* dan PVD.

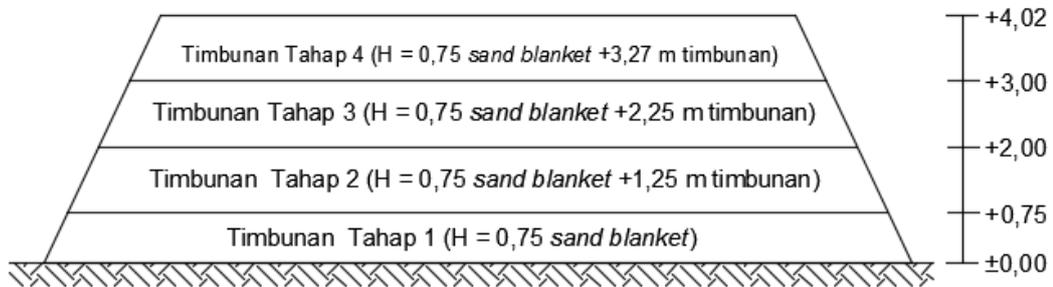
Preloading

Untuk tinggi timbunan *preloading* dihitung dengan mengekivalensi beban yang ada ke beban tanah timbunan. Dari perhitungan ekivalensi didapat tinggi timbunan sebesar 4,02 meter. Sebelum dilakukan pekerjaan timbunan, perhitungan timbunan kritis harus dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui apakah tanah dapat ditimbun langsung setebal 4,02 meter atau harus dilakukan timbunan bertahap. Perhitungan tinggi timbunan kritis dihitung dari Persamaan 13 (*Hansbo,1994*) :

$$H_{kritis} = \frac{5,52 \text{ cu}}{\gamma_{timbunan} \times SF} \dots\dots\dots 13$$

$$= \frac{5,52 \times 10}{17,2 \times 1,3} = 2,468 \text{ meter}$$

Hasil perhitungan menunjukkan tinggi timbunan kritis sebesar 2,468 meter. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi timbunan kritis lebih kecil dari tinggi timbunan *preloading*, dapat dikatakan bahwa kuat geser tanah dasar tidak mampu menahan langsung beban timbunan setebal 4,02 meter ditambah dengan beban timbunan lama setebal 1,9 meter. Maka dari itu perlu dilakukan penimbunan bertahap untuk meningkatkan nilai kuat geser tanah. Untuk desain timbunan bertahap dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Konstruksi Bertahap

Dengan terdispasinya air pori karena proses konsolidasi di tiap tahapan *preloading*, maka tegangan efektif juga akan meningkat. Peningkatan tegangan efektif juga meningkatkan kuat geser tanah. Pada perhitungan daya dukung ultimit digunakan parameter tanah *undrained* sehingga setiap tahapannya akan mengalami *gain strength*. Menurut *Mesri (1975)* dalam *Jie Han (2015)*, perhitungan *gain strength* dihitung dari Persamaan 14:

$$\Delta cu = K \times U \times \Delta q \dots\dots\dots 14$$

dimana:

- K = Konstanta
- U = Derajat konsolidasi (%)
- Δq = Perubahan tegangan vertikal pada tanah lempung (kN/m<sup>2</sup>)

Besar konstanta K disarankan *Mesri (1975)* di dalam *Holtz and Covaks (1981)* adalah sebesar 0,22. Namun di dalam *Holtz and Covaks (1981)* besaran K juga dapat dikorelasikan terhadap

nilai PI (*Plasticity Index*). Dengan nilai PI lapisan 1 sebesar 47,36 didapat nilai K sebesar 0,25. Analisis daya dukung tanah dasar akibat beban timbunan bertahap menyebabkan peningkatan kuat geser tanah yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Daya Dukung Tanah Dasar Akibat Beban Timbunan Bertahap

Tahap	Elevasi	Cu	$\phi$	Nc	q	qult	SF	Hkritis baru	U	Keterangan
	m	kN/m <sup>2</sup>			kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>		dengan nilai Cu baru		Aman jika elevasi timbunan < h kritis
Timbunan lama	0	10	0	5,14	28,18	51,400	1,824	2,468	80%	Aman
1	0,75	15,636	0	5,14	40,18	80,369	2,000	3,860	80%	Aman
2	2	18,036	0	5,14	61,68	92,705	1,503	4,453	80%	Aman
3	3	22,336	0	5,14	78,88	114,807	1,455	5,514	80%	Aman
4	4,02	25,776	0	5,14	96,424	132,489	1,374	6,363	99%	Aman

PVD

- Type = Mebradrain
- Dimensi = 100 x 4 mm
- Pola = Segitiga
- Spasi = 1200 mm
- Cv = 0,0005 cm<sup>2</sup>/det
- Ch = 0,00125 cm<sup>2</sup>/det (asumsi 2,5 x Cv)

Didapat untuk mencapai waktu konsolidasi 80 % dibutuhkan waktu 2,36 bulan setiap tahapnya dan khusus pada tahap terakhir mencapai 99% konsolidasi sehingga waktu total yang diperlukan untuk perbaikan tanah selama 487 hari.

Perhitungan dengan Plaxis

Selain dihitung secara manual, penurunan tanah juga dihitung dengan *software Plaxis*. Pada *software Plaxis* hanya memperhitungkan nilai penurunan primer karena parameter yang dimasukkan pada *Plaxis* sama dengan parameter perhitungan penurunan primer. Hasil dari *software Plaxis* dijadikan sebagai pembandingan hasil dari perhitungan manual. Tahap pertama yang perlu dilakukan adalah tahap *input* dan kemudian dilanjutkan dengan tahap *calculation*. Setelah kedua tahap tersebut dilakukan, maka *Plaxis* akan mengeluarkan *output* berupa besar penurunan yang terjadi. Selain penurunan, *Plaxis* dapat memperkirakan nilai *safety factor* pada setiap tahapnya. Berikut pada Tabel 7 dan Tabel 8 *output* dari perhitungan *Plaxis*.

Tabel 7. Pehitungan Penurunan Metode *Mohr-Coulomb*

Tahap Penimbunan	Elevasi Awal	Pembacaan penurunan pada <i>Plaxis</i>	Penurunan per Tahap	Elevasi Akhir	SF ( <i>Plaxis</i> )
Timbunan Lama	0	0,391	0,391	-0,391	2,366
1	0,359	0,594	0,203	0,156	1,972
2	1,406	1,15	0,556	0,85	1,388
3	1,85	1,75	0,6	1,25	1,171
4	2,25	2,54	0,79	1,46	1,038
Waktu Total			236 hari		

Tabel 8 Pehitungan Penurunan Metode *Soft Soil*

Tahap Penimbunan	Elevasi Awal	Pembacaan penurunan pada <i>Plaxis</i>	Penurunan per Tahap	Elevasi Akhir	SF ( <i>Plaxis</i> )
Timbunan Lama	0	1,19	1,19	-1,19	2,51
1	-0,44	1,51	0,32	-0,76	2,29
2	0,49	2	0,49	0	1,991
3	1	2,32	0,32	0,68	1,875
4	1,68	2,61	0,29	1,39	1,767
Waktu Total	438 hari				

## KESIMPULAN

Proyek Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang memiliki tanah lunak yang cukup dalam dan daya dukung tanah menunjukkan bahwa tanah tidak dapat menahan beban rencana, sehingga memerlukan perbaikan tanah untuk meingkatkan daya dukung tanah. Pada proyek dilakukan perbaikan *preloading* dan *prefabricated vertical drain (PVD)*. Perbaikan tanah *preloading* dilakukan untuk menambah daya dukung tanah agar dapat menahan beban rencana yang akan terjadi. Tinggi tanah *preloading* sebesar 4,02 meter yang nantinya akan dibagi menjadi 4 tahap. Perbaikan dengan *prefabricated vertical drain (PVD)* dilakukan untuk mempercepat waktu penurunan tanah. Hasil perhitungan waktu penurunan dengan perbaikan *prefabricated vertical drain (PVD)* didapatkan selama 487 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, H. (1985). *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang*. Penerbit Alumni :Bandung.
- Boeing Commercial Airplanes. (2013). *Airplane Characteristics for Airport Planning*. Diambil kembali dari [www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf](http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf)
- Das, B. M. (2007). *Principle of Foundation Engineering Sixth Edition*. U.S.A: Chris Carson.
- Das, B. M., Endah, N., Mochtar, & Indrasurya. (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Erlangga: Jakarta.
- Han, J. (2015). *Principle and Practice of Ground Improvement*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Hansbo, S. (1994). *Foundation Engineering*. Sweden: Elsevier.
- Holtz, R. D., & Covacs, W. D. (1981). *An introduction to Geotechnical Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.