

ANALISIS DESAIN TIMBUNAN PADA TANAH LEMPUNG LUNAK DAN PASIR LEPAS UNTUK KEPERLUAN REKLAMASI

Analysis of Mound Design on Soft Clay and Loose Sand for Reclamation

Janaka Indraputra Adhikrishna
Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB,
Bandung email: janakakastubi@gmail.com

PENDAHULUAN

Untuk menunjang kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat Indonesia di darat, dibutuhkan lahan yang layak untuk dijadikan tempat usaha. Salah satu langkah untuk menunjang kegiatan tersebut adalah dengan melakukan proses reklamasi. Reklamasi merupakan kegiatan yang dilakukan oleh manusia dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurugan, pengeringan lahan, atau drainase. Terdapat beberapa faktor dalam proses pembuatan reklamasi, yaitu penurunan tanah, stabilitas dari tanah, serta potensi likuifaksi yang terjadi pada lokasi reklamasi tersebut.

Stabilitas timbunan diperlukan untuk menentukan apakah timbunan ini dapat dibuat diatas tanah yang memiliki lapisan serta properti pada lokasi yang ditinjau.

Dalam lokasi ini terdapat tanah yang memiliki lapisan tanah lempung diatas pasir lepas, dimana untuk proses *settlement* terjadi pada tanah lempung diatas pasir lepas, dan pada pasir lepas rentan terjadi proses likuifaksi. Maka dari itu dibutuhkan penghitungan stabilitas timbunan tanah, besar penurunan tanah yang terjadi, serta potensi likuifaksi yang terjadi pada daerah yang ditinjau.

Daerah yang ditinjau pada penelitian ini merupakan daerah di sekitar Papua Barat.

TEORI DAN METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian ini, hal pertama yang dilakukan adalah dengan mengolah data tanah yang ada. Data tanah yang digunakan diambil dari data tanah hasil dari tes pada lapangan ataupun pada laboratorium. Tes tersebut adalah tes nilai SPT, tes triaxial, dan tes oedometer. Dari data tanah tersebut, didapat parameter data tanah sebagai berikut:

Tabel 1 Parameter Lapisan Tanah

Jenis Tanah	Tebal Lapisan Tanah (m)	N-SPT	Berat Jenis (kN/m ³)		Sudut Geser (kN/m ²)	Kohesi (kN/m ²)	Poisson Ratio	Modulus Young (kN/m ²)	Cc	Cv	Void Ratio
			Unsaturated	Saturated							
Timbunan	5	40	17.28	18.00	40	0	0.35	27500	0	0	0
lempung 1	1.6	1	15.36	16.00	0	5	0.35	1250	9	3	1.41
Pasir 1	0.85	3	14.40	15.00	25	0	0.3	9000	0	0	0
Lanau 1	0.35	2	15.84	16.50	0	10	0.3	2500	0.07	1.5	1.41
Pasir 2	3.2	3	14.40	15.00	25	0	0.3	9000	0	0	0
lempung 2	3.5	1	15.67	16.33	0	5	0.3	1250	0.07	5	1.41
Pasir 3	6.95	5	16.56	17.25	26	0	0.3	10000	0	0	0
lempung 3	3.55	10	17.65	18.39	0	50	0.35	12500	0.07	8	1.01
Pasir 4	2.1	5	16.32	17.00	26	0	0.3	10000	0	0	0
lempung 4	4.6	41	18.94	19.73	0	205	0.35	51250	0.04	9	0.58
Pasir 5	3.7	50	19.20	20.00	43	0	0.3	32500	0	0	0
lempung 5	16	50	19.10	19.90	0	250	0.35	62500	0.02	9	0.52
Pasir 6	3.9	50	19.25	19.65	43	0	0.3	32500	0	0	0
lempung 6	9.4	50	19.03	19.82	0	250	0.35	62500	0.03	10	0.63

Dari data parameter lapisan, dapat dilakukan penghitungan stabilitas tanah. Timbunan yang diinginkan memiliki tinggi minimum 5 meter diatas permukaan tanah, serta timbunan tersebut harus kuat menahan gaya operasional sebesar 10 kN/m². Dengan menggunakan timbunan berbahan dasar *limestone*, maka timbunan tersebut harus stabil diatas tanah pada lokasi yang ditinjau. Jenis timbunan yang akan dilakukan memiliki dua tipe kemiringan, yaitu kemiringan 1:2 dan 1:3. Dari dua jenis kemiringan tersebut, dipilih kemiringan mana yang memiliki faktor angka keamanan lebih besar. Untuk menentukan stabilitas timbunan maka diperlukan rumus dari persamaan *ultimate bearing capacity* yang digagas oleh Terzaghi (1943). Rumus tersebut adalah sebagai berikut:

$$q_u = C N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Dimana:

q_u = ultimate bearing capacity

C = Kohesi dari tanah

γ = Berat jenis dari tanah

$q = \gamma D_f$

Dari rumus diatas, dan dengan prinsip tegangan efektif tanah, maka dapat ditentukan tinggi kritis dari timbunan pada tanah eksisting. Berikut merupakan rumus tersebut:

$$H_{cr} = \frac{q_{all}}{\gamma'_{timbunan}} = \frac{q_u}{SF \cdot \gamma'_{timbunan}}$$

Dimana:

q = daya dukung tanah

SF = safety factor

$\gamma'_{timbunan}$ = berat jenis efektif timbunan

Setiap penambahan timbunan yang dilakukan pada tanah akan mengakibatkan penambahan kekuatan tanah yang ditimbun. Kejadian tersebut diakibatkan oleh penambahan nilai kekohesifan pada tanah. Penambahan kekuatan tanah tersebut berguna untuk menjaga tanah agar tanah tidak runtuh.

Penambahan kekohesifan tanah didasarkan pada hasil penelitian Mesry (1955) yang menyebutkan bahwa kenaikan sekitar 0.22 dari penambahan tegangan efektif. Setelah melakukan penghitungan, hal selanjutnya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan pemodelan *software* PLAXIS untuk menentukan faktor angka keamanan dari setiap tahapan timbunan yang ada. Pada pengerjaan pemodelan ini, faktor angka keamanan yang dicapai pada setiap lapisan tanah harus lebih besar dari 1.1 saat kondisi konstruksi dan 1.3 saat kondisi operasional. Pemodelan PLAXIS juga dapat menghasilkan besar nilai dari penurunan elastis yang diakibatkan oleh tahapan saat proses konstruksi serta keadaan operasional dari timbunan. Pemodelan dilakukan dengan dua tipe kemiringan, yakni kemiringan 1:2 dan 1:3.

Selanjutnya adalah penghitungan penurunan tanah menggunakan rumus 1D Terzaghi. Berikut merupakan rumus tersebut:

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H_c$$

Dimana :

Δe = Total dari void ratio yang diakibatkan oleh penambahan beban

e_0 = Void ratio dari tanah sebelum terkenan beban

H_c = Tebal lapisan tanah yang ditinjau

Nilai dari void ratio pada kasus ini memakai nilai dengan asumsi tanah tersebut merupakan tanah dengan jenis penurunan bersifat *normally consolidated settlement*. Berikut rumus dari jenis tanah tersebut:

$$\Delta e = C_c \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_0}$$

Dimana :

σ'_0 = Rata – rata tegangan efektif vertikal pada tanah

$\Delta \sigma$ = Tegangan yang diakibatkan oleh beban tambahan

Selanjutnya, hal yang perlu dihitung adalah besar dari laju waktu konsolidasi pada tanah. Besar dari laju waktu konsolidasi pada penelitian ini ditinjau dengan 3 jenis, yaitu laju waktu konsolidasi tanpa menggunakan PVD, dengan menggunakan *square spacing* PVD, dan menggunakan *triangular spacing* PVD.

Berikut merupakan rumus dari laju waktu konsolidasi tanpa menggunakan PVD:

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

Dimana :

T_v = time factor untuk arah vertikal

H_{dr} = panjang lintasan air menuju permeabilitas yang lebih tinggi

C_v = Koefisien konsolidasi arah vertikal

PVD berfungsi untuk mempercepat proses konsolidasi tanah, terutama tanah lempung dan lanau. Untuk menghitung laju waktu konsolidasi dengan menggunakan PVD, maka rumus besar dalam mengetahui derajat konsolidasi dari tanah tersebut adalah sebagai berikut:

$$(1 - U_{vh}) = (1 - U_v)(1 - U_h)$$

Dimana :

U_{vh} = rata-rata derajat konsolidasi

U_h = derajat konsolidasi arah horizontal

U_v = derajat konsolidasi arah vertikal

Derajat konsolidasi merupakan merupakan perbandingan antara penurunan dalam waktu dengan penurunan setelah selesai konsolidasi. Untuk menghitung derajat konsolidasi arah horizontal, maka dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$U_h = 1 - \exp\left(\frac{-8 T_h}{\mu}\right)$$

Dimana:

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

$$n = \frac{2R}{d_w}$$

$$d_w = \frac{[2(a + b)]}{\pi}$$

Untuk menghitung nilai U_h juga dibutuhkan time factor arah horizontal. Berikut merupakan rumus menghitung nilai time factor horizontal (T_h) tersebut:

$$T_h = \frac{C_h t}{(2R)^2}$$

Dimana :

C_h = koefisien aliran arah horizontal

t = waktu penurunan yang diinginkan

R = radius yang terpengaruhi *vertical drain*

Nilai dari R pada setiap jenis PVD berbeda. Untuk jenis *square spacing* PVD dan *triangular spacing* PVD, nilai R secara berturut-turut adalah sebagai berikut:

Square Spacing PVD

$$R = 0.564 S$$

Triangular Spacing PVD

$$R = 0.525 S$$

Dimana :

S = panjang spasi antar PVD

Setelah melakukan penghitungan laju waktu konsolidasi, hal yang dapat dilakukan selanjutnya adalah dengan menghitung potensi likuifaksi secara kuantitatif yang terjadi pada daerah yang ditinjau. Terdapat beberapa cara untuk menentukan potensi likuifaksi secara kuantitatif. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan data SPT. Dari data SPT, dapat diketahui nilai

dari CSR (*cyclic stress ratio*). Berikut merupakan rumus dari nilai CSR:

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_o} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \sigma_o \frac{r_d}{\sigma'_o}$$

Dimana :

τ_{av} = tegangan geser rata-rata

a_{max} = percepatan puncak gempa di permukaan tanah

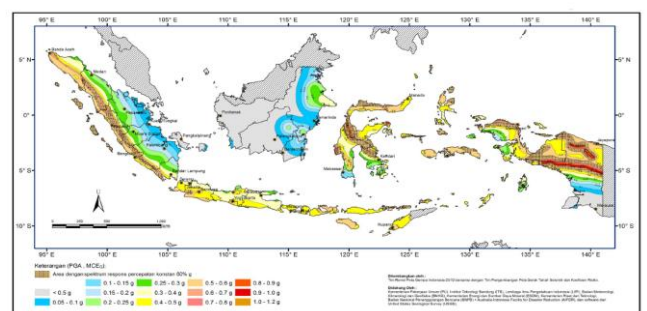
σ_o = *overburden stress* total pada kedalaman yang ditinjau

σ'_o = *overburden stress* efektif pada kedalaman yang ditinjau

r_d = *stress reduction factor*

g = percepatan gravitasi

Untuk menentukan percepatan gempa di permukaan tanah, yang perlu dilakukan adalah mengetahui besar dari percepatan tanah puncak gempa maksimum (PGA) di batuan dasar yang ada pada lokasi yang ditinjau, untuk kasus ini lokasi tersebut adalah Papua Barat. Untuk mengetahui nilai PGA, terdapat peta PGA yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) yang didapat dari SNI-1726-2012. Berikut merupakan peta tersebut:



Gambar 1 Peta PGA, Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) (SNI-1726-2012)

Dilihat pada gambar diatas, maka untuk percepatan puncak tanah gempa maksimum pada Papua Barat adalah sebesar 0.4 g. Selanjutnya, dalam penentuan nilai percepatan gempa di permukaan dapat diketahui dengan mengalikan nilai PGA dengan suatu faktor amplifikasi atau deamplifikasi. Amplifikasi tersebut bertujuan untuk mendapatkan nilai dari PGAM yang merupakan nilai dari percepatan gempa di permukaan tanah yang telah disesuaikan dengan

klasifikasi situs yang ada. Berikut merupakan rumus dari PGAM menurut SNI-1726-2012:

$$PGA_M = F_{PGA} PGA$$

Dimana:

PGA_M = Percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

F_{PGA} = Koefisien situs

PGA = Percepatan puncak tanah terpetakan

Nilai koefisien situs dapat diketahui dengan menggunakan tabel koefisien situs F_{PGA} sebagai berikut:

Tabel 2 Koefisien Situs F_{PGA}

Kelas Situs	PGA ≤ 0.1	PGA = 0.2	PGA = 0.3	PGA = 0.4	PGA ≥ 0.5
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Nilai PGA yang telah didapat adalah 0.4, sehingga untuk pemakaian **Tabel 5.1**, kolom yang dipakai hanya kolom PGA = 0.4. Koefisien yang digunakan tergantung dari kelas situs tiap lapisan yang ada. Kelas situs tersebut dapat diketahui dengan menggunakan tabel klasifikasi situs. Berikut merupakan tabel dari klasifikasi jenis tanah berdasarkan SNI-1726-2012:

Tabel 3 Klasifikasi Situs (SNI-1726-2012)

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (Batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (Tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa sepe mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Dikarenakan untuk penghitungan ini yang diketahui hanya nilai dari N-SPT, maka pada **Tabel 3**, bagian yang dipakai hanya bagian kolom nilai N (kolom kedua dari kanan). Pada kolom

kedua tersebut, lapisan tanah pada wilayah yang ditinjau akan diklasifikasi menjadi kelas-kelas tersebut. Setelah mengetahui kelas dari tiap-tiap lapisan yang ada maka nilai dari PGA_M untuk desain dapat diketahui. PGA_M untuk desain merupakan 2/3 dari nilai PGA_M yang ada. Nilai PGA_M desain merupakan nilai dari a_{max} yang dibutuhkan dalam penghitungan nilai CSR.

Hal selanjutnya yang dibutuhkan adalah dengan menentukan nilai dari *overburden stress* normal dan efektif pada tiap lapisan tanah. Nilai *overburden stress* normal bisa didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_0 = z \gamma_{saturated}$$

Serta untuk mencari *overburden stress* efektif:

$$\sigma'_0 = z \gamma_{efektif}$$

Dimana:

z = Kedalaman tanah

$\gamma_{saturated}$ = Berat jenis jenuh tanah (kN/m³)

$\gamma_{efektif}$ = Berat jenis efektif pada tanah (kN/m³)

Nilai r_d dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang didapat oleh Seed dan Idriss (1971). Rumus tersebut adalah sebagai berikut:

$$r_d = 1 - 0.00765 d \quad ; \quad \text{untuk } d \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1 - 0.00765 d \quad ; \quad \text{untuk } 9.15 \text{ m} < d \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 1 - 0.00765 d \quad ; \quad \text{untuk } 23 \text{ m} < d \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 1 - 0.00765 d \quad ; \quad \text{untuk } d < 30 \text{ m}$$

Nilai $(N_1)_{60}$ dapat diketahui dengan menggunakan rumus terdapat pada Bab II. Berikut merupakan rumus yang akan digunakan:

$$(N_1)_{60} = \frac{C_N ER_M N}{60}$$

Terdapat beberapa variabel yang akan digunakan dalam melakukan penghitungan nilai $(N_1)_{60}$, yaitu nilai faktor koreksi tegangan efektif *overburden* (C_N), rasio energi pemukul (ER_M), dan nilai N-SPT (N). Nilai C_N dapat diketahui dengan menggunakan rumus pada Bab II sebagai berikut:

$$C_N = \left(\frac{1}{\sigma'_o} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Nilai ER_M yang digunakan adalah dengan menggunakan asumsi, yaitu untuk tipe *Free-Fall Donut* dengan ER_M 60%. Setelah mendapatkan nilai ER_M , yang selanjutnya dilakukan adalah dengan menghitung nilai dari $(N_1)_{60}$.

Tabel 4 Besar Rasio Energi Pada Masing-Masing Metode Pukulan SPT (*National Academy Press, 1985*)

Country	Hammer Type	Hammer Release	Estimated Rod Energy (Percent)	Correction Factor for 60 Percent Rod Energy
Japan ^a	Donut	Free-fall	78	78/60 = 1.30
	Donut	Rope and pulley with special throw release	67	67/60 = 1.12
United States	Safety	Rope and pulley	60	60/60 = 1.00
	Donut ^b	Rope and pulley	45	45/60 = 0.75
Argentina	Donut	Rope and pulley	45	45/60 = 0.75
China	Donut	Free-fall ^c	60	60/60 = 1.00
	Donut	Rope and pulley	50	50/60 = 0.83

Untuk mengetahui faktor keamanan (SF) dari penghitungan potensi likuifaksi pada tanah yang ada, maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$SF_{likuifaksi} = \frac{CRR}{CSR}$$

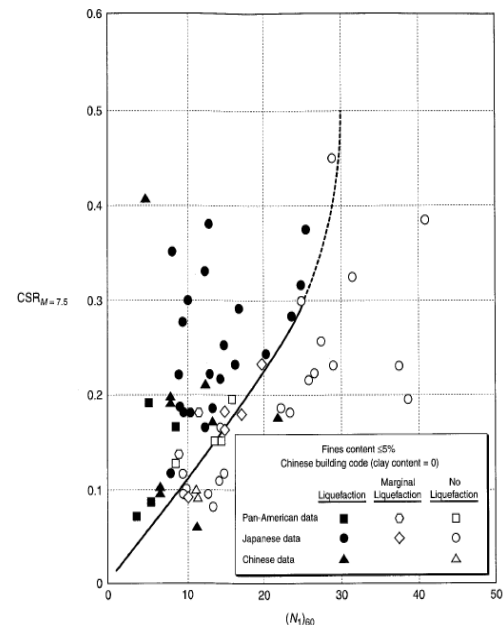
Dimana:

CRR = *Cyclic Resistance Ratio*

CSR = *Cyclic Stress Ratio*

Menurut buku *Liquefaction of Soils During Earthquakes* (1985), nilai CRR merupakan nilai dari ketahanan maksimum dari suatu tanah terhadap potensi likuifaksi yang dipengaruhi oleh nilai $(N_1)_{60}$ dari setiap lapisan tanah yang ada dengan menggunakan grafik perbandingan nilai

CSR dan $(N_1)_{60}$. Sehingga, jika nilai $SF_{likuifaksi}$ kurang dari 1, maka lapisan tersebut berpotensi mengalami likuifaksi. Sebaliknya, jika nilai dari $SF_{likuifaksi}$ lebih dari 1 maka lapisan tersebut tidak berpotensi mengalami likuifaksi. Berikut merupakan grafik perbandingan nilai CSR dan $(N_1)_{60}$:



Gambar 2 Grafik Hubungan antara nilai CSR terhadap $(N_1)_{60}$ pada gempa berkekuatan 7.5 Skala Richter (Kramer, 1996)

Kurva pada gambar menandakan maksimum dari *cyclic stress* yang dapat diterima oleh tanah pada nilai $(N_1)_{60}$ tertentu., atau dapat juga disebut dengan CRR .

HASIL DAN ANALISIS

Untuk analisis stabilitas timbunan, dengan menggunakan persamaan diatas, didapat nilai dari tinggi kritis timbunan pada tanah eksisting adalah 1.3 meter. Dengan hasil tersebut, maka untuk proses pembuatan timbunan ini harus dilakukan secara bertahap, karena tinggi kritis dari timbunan pada tanah eksisting tidak sesuai dengan nilai desain yang memiliki tinggi timbunan 5 meter.

Berikut merupakan hasil angka keamanan pada masing-masing kemiringan timbunan:

Tabel 5 Perbandingan Kemiringan Timbunan

Tahap	Kemiringan 1:2		Kemiringan 1:3	
	Tinggi Timbunan	SF	Tinggi Timbunan	SF
Timbunan 1	1.5	1.3	1.5	1.3
Timbunan 2	3	1.1	3	1.2
Timbunan 3	4	1.1	4	1.2
Timbunan 4	5	1.1	5	1.2
Preloading 1	5.6	1.1	5.6	1.2
Preloading 2	6.2	1.1	6.2	1.2
Operasional	5	1.2	5	1.3

Dari **Tabel 5**, dapat dilihat bahwa terdapat 6 tahap pembuatan timbunan agar timbunan tersebut stabil, serta tahap operasional untuk kriteria desain. Dari hasil pada tabel diatas, untuk timbunan kemiringan 1:3 memiliki *safety factor* lebih besar daripada kemiringan 1:2. Sehingga dapat diambil desain dari timbunan untuk kemiringan 1:3. Setelah mendapatkan faktor angka keamanan dari timbunan, maka dapat diketahui besar dari penurunan elastis yang terjadi. Berikut merupakan besar dari nilai tersebut:

Tabel 6 Besar Penurunan Tanah Elastis Per Tahap Timbunan

Tahap	Penurunan Tanah Elastis (m)
Timbunan 1	0.056
Timbunan 2	0.122
Timbunan 3	0.162
Timbunan 4	0.199
Preloading 1	0.214
Preloading 2	0.215
Operasional	0.216

Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa besar total dari penurunan elastis adalah sebesar 0.216 meter.

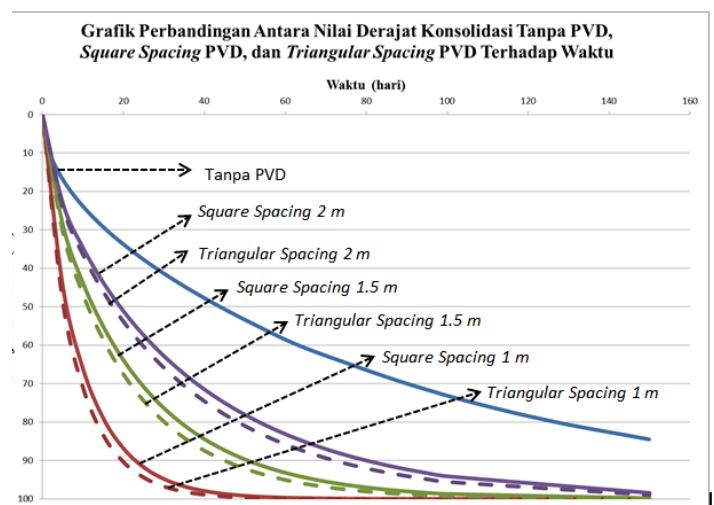
Setelah melakukan pemodelan dengan menggunakan *software* PLAXIS, hal selanjutnya adalah dengan menghitung besar penurunan tanah per tahap. Berikut merupakan hasil dari besar penurunan tanah per tahap:

Tabel 7 Besar Penurunan Tanah Per Tahap

Tahap	Penurunan Tanah Elastis (m)	Konsolidasi Primer (m)	Total Penurunan Tanah (m)	SF
Timbunan 1	0.056	0.335	0.391	1.3
Timbunan 2	0.122	0.460	0.582	1.2
Timbunan 3	0.162	0.517	0.679	1.2
Timbunan 4	0.199	0.564	0.763	1.2
Preloading 1	0.214	0.588	0.802	1.2
Preloading 2	0.215	0.610	0.825	1.2
Operasional	0.216	0.631	0.847	1.3

Dapat dilihat pada tabel, besar total dari penurunan tanah pada timbunan ini adalah sebesar 0.847 meter.

Setelah mengetahui besar total dari penurunan tanah, hal selanjutnya adalah dengan membandingkan laju waktu konsolidasi jika tanpa menggunakan PVD, dengan *square spacing* PVD, dan *triangular spacing* PVD. Berikut merupakan grafik tersebut:



Gambar 3 Grafik Perbandingan Antara Nilai Derajat Konsolidasi Tanpa PVD, *Square Spacing* PVD, dan *Triangular Spacing* PVD Terhadap Waktu

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa laju waktu konsolidasi paling cepat dihasilkan oleh timbunan dengan menggunakan *triangular spacing* dengan besar spasi 1 meter.

Selanjutnya, untuk menghitung potensi likuifaksi pada setiap lapisan, dengan menggunakan rumus-rumus yang sudah dijelaskan pada sebelumnya, maka potensi likuifaksi pada setiap lapisan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8 Tabel Hasil Penghitungan Nilai $(N_1)_{60}$, CSR, SF, dan Potensi Likui-faksi Dari Setiap Lapisan

Jenis Tanah	Tebal Lapisan	Kedalaman	$(N_1)_{60}$	CSR	CRR	SF	Potensi Likui-faksi
Timbunan	5	0	63.2	0	0.295073		N
Lempung 1	1.6	1.6	1.4	0	0.017887		N
Pasir 1	0.85	2.45	4.1	0.365	0.041503	0.113753	Y
Lanau 1	0.35	2.8	2.7	0	0.028771	0	N
Pasir 2	3.2	6	3.5	0.376	0.036467	0.097029	Y
Lempung 2	3.5	9.5	1.0	0	0.014555	0	N
Pasir 3	6.95	16.45	4.2	0.285	0.042135	0.148042	Y
Lempung 3	3.55	20.3	7.6	0	0.07448	0	N
Pasir 4	2.1	22.4	3.6	0.219	0.037399	0.171096	Y
Lempung 4	4.6	27	26.8	0	0.295073	0	N
Pasir 5	3.7	30.7	30.4	0.200	0.484233	2.421963	N
Lempung 5	16	46.7	24.1	0	0.292047	0	N
Pasir 6	3.9	50.6	23.1	0.189	0.321178	1.696501	N
Lempung 6	9.4	60	21.1	0	0.429235	0	N

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa lapisan yang berpotensi mengalami likui-faksi adalah lapisan Pasir 1, Pasir 2, Pasir 3, dan Pasir 4. Dari tabel diatas, saran mitigasi yang dilakukan untuk kedalaman kurang lebih 20 meter adalah dengan melakukan *vibratory probe*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dan teori yang telah dipaparkan dalam penulisan diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS, dapat diambil kesimpulan bahwa timbunan tanah dengan ketinggian 5 meter akan stabil jika dilakukan dengan 4 tahap penimbunan dan 2 tahap *preloading* , dengan kemiringan timbunan 1:3.
- Total besar penurunan tanah yang terjadi adalah 0.847 meter atau 84.7 cm. Penurunan tanah tersebut merupakan jumlah dari penurunan elastis dan konsolidasi primer. Penurunan elastis dihitung dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS, sementara konsolidasi primer dengan rumus persamaan 1D Terzaghi. Laju waktu konnsolidasi paling cepat terjadi dengan memakai PVD tipe *triangular spacing*.
- Dari analisis potensi likui-faksi secara kuantitatif, dapat disimpulkan bahwa terdapat lapisan-lapisan pada tanah yang ditinjau yang berpotensi untuk mengalami likui-faksi. Lapisan tanah yang berpotensi untuk terjadi likui-faksi terdapat pada lapisan Pasir 1, Pasir 2, Pasir 3, dan Pasir 4. Dengan lapisan tersebut,

maka perlu dilakukan langkah mitigasi dalam menanggulangi potensi likui-faksi tersebut. Langkah mitigasi adalah berupa pelaksanaan pemadatan tanah dengan menggunakan *vibratory probe*, karena alat tersebut dapat menanggulangi tanah yang berpotensi likui-faksi pada kedalaman < 20 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggour, M. Sherif. 2002.*Updating Bearing Capacity-SPT Graphs*.Maryland:University of Maryland.
- Badan Standar Nasional.2012.SNI-1726-2012.Jakarta:BSN2012.
- Bowles, Joseph E.1997. *Foundation Analysis And Design 5th Edition*. Illinois:The McGraw-Hill Companies,Inc.
- Das, Braja M. 2007. *Principles of Foundation Engineering 6th Edition*. Sacramento: Cengage Learning.
- Housner, George W.1985.*Liquefaction of Soils During Earthquake*.Washington:National Academy Press.
- Kramer, Steven L.1996.*Geotechnical Earthquake Engineering*.New Jersey:Prentice Hall.
- Lambe, T. William & Whitman, Robert V.1969.*Soil Mechanics*.New York:John Wiles&Sons.
- Mahmoud, Mostafa Abdou Abdel Naeim.2013.*Reability of using standard penetration test (SPT) in predicting properties of silty clay with sand soil*.Egypt:Aljouf University.
- Terzaghi and Peck.1996.*Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd ed*. Wiley-Interscience.