

Studi Timbunan Pada Areal Reklamasi dengan Metode Elemen Hingga

Oddy Lazuardi

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan, FTSL, ITB

Email: oddylazuardi@gmail.com

Kata Kunci: *Timbunan, Konsolidasi, Vertical Drain, Elemen Hingga*

ABSTRAK

Pemberian beban timbunan di atas tanah pada area reklamasi akan mengakibatkan penurunan tanah akibat beban itu sendiri dan akibat keluarnya air pori tanah. Dalam pelaksanaan pekerjaan reklamasi perlu diketahui berapa kapasitas dukung tanah pada areal reklamasi untuk menghindari keruntuhan pada tanah dasar. Karena itu penentuan tahapan penimbunan pada pekerjaan reklamasi perlu diketahui dan juga berapa dalam dan lama penurunan konsolidasi akan terjadi. Pada tanah lempung lunak, penurunan konsolidasi terjadi dalam waktu yang sangat lama. Hal ini berpengaruh dalam pekerjaan proyek reklamasi tersebut yang tentunya akan berlangsung lebih lama. Namun, penggunaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dapat mempercepat penurunan konsolidasi tersebut. Jarak spasi antar PVD perlu dihitung untuk mendapatkan jarak yang memberikan waktu penurunan konsolidasi paling cepat. Berdasarkan hasil analisis didapat 3 tahapan penimbunan yang aman untuk dikerjakan untuk selanjutnya dilakukan pemodelan dengan metode elemen hingga. Pada tugas akhir ini timbunan dilakukan melalui 3 tahapan. Dan dari hasil analisa diperoleh untuk mencapai konsolidasi 90% tanpa PVD dibutuhkan waktu selama 59 tahun dan dengan PVD spasi 1.3 meter dibutuhkan waktu 105 hari. Total penurunan konsolidasi adalah 1.7 meter.

Pendahuluan

Wilayah pesisir memiliki sumber daya dan manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia dan keterbatasan akan lahan muncul menjadi masalah pada wilayah pesisir.

Reklamasi muncul menjadi solusi dari permasalahan tersebut. Dalam pekerjaan reklamasi, aspek paling penting yang harus diperhatikan adalah pada proses penimbunan itu sendiri. Tidak boleh terjadi keruntuhan selama pengerjaannya. Sehingga perlu adanya analisis stabilitas timbunan.

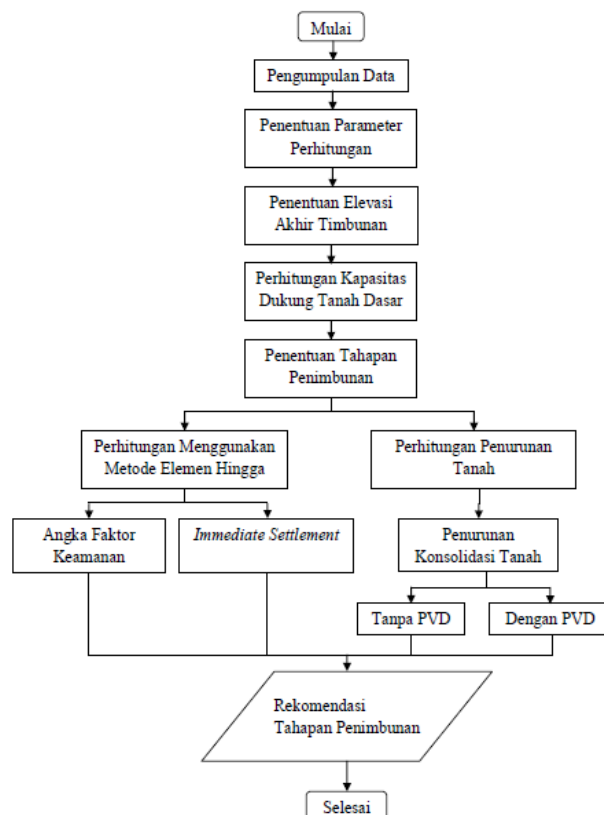
Paper ini berisi analisis perhitungan kapasitas dukung tanah dasar akibat beban timbunan, penentuan elevasi akhir timbunan yang diinginkan, penurunan tanah tanpa menggunakan PVD dan dengan menggunakan PVD, dan pemodelan dengan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software* Plaxis.

Metodologi

Metode analisis yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan pengumpulan data-data tanah yang meliputi: Nilai N-SPT, dan mencari nilai parameter tanah lainnya seperti nilai kuat geser, parameter tegangan-regangan, dan parameter konsolidasi.
- Menentukan elevasi akhir timbunan yang diinginkan berdasarkan data pasang surut yang sudah ada dan data angin dari stasiun terdekat.
- Melakukan perhitungan kapasitas dukung tanah dasar untuk menentukan H_{cr} timbunan, tahapan penimbunan, penurunan konsolidasi tanah, lama penurunan, tanpa menggunakan PVD dan dengan menggunakan PVD.
- Melakukan pemodelan dengan Plaxis.

Penjelasan ringkas mengenai metodologi akan disajikan dalam *flowchart* berikut ini.



Gambar 1 Flowchart Metodologi

Hasil Dan Analisa/Diskusi

Profil Tanah

Model tanah di lokasi reklamasi dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** berikut:

Tabel 1 Parameter Tanah

DB-02

Lapisan	Kedalaman di bawah mudline (m)	Jenis Tanah	N-SPT	Parameter Fisik			Parameter Mekanik		
				γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	ν	E_s (kN/m ²)	C_u (kPa)	Φ
1	0 - 9,5	Silty Clay	2	16	14	0,35	5400	12	
2	9,5 - 14	Silty Clay	5	17	16	0,35	10800	30	
3	14 - 17	Clayey Silt	3	16	15	0,35	7200	18	
4	17 - 20	Clayey Silt	21	18	16	0,35	39600	126	
5	20 - 24	Cemented Silt	48	20	18	0,35	88200	288	
6	24 - 27,55	Clayey Silt	38	19	17	0,35	70200	228	

Dengan data hasil laboratorium sebagai berikut:

Tabel 2 Data Laboratorium

Titik	Depth (m)	Parameter Tanah									
		W_s %	γ_{sat} kN/m ³	γ_{unsat} kN/m ³	Atterberg Limits			Consolidation			
					LL %	PL %	PI %	C_c	C_r	C_v cm ² /sec	e_0
DB-2											
TW.1	2.5 – 3	94.077	13.59	7	119.62	56.42	63.2	1.96	0.28	0.00013	2.74
TW.2	5.5 – 6	108.705	13.73	6.58	127.8	72.61	55.19	1.93	0.28	0.00007	2.98
TW.3	8.5 – 9	48.852	16.61	11.16	80.2	4.6	75.6	0.45	0.064	0.0009	1.35

Analisa Daya Dukung Tanah Dasar

Analisa menggunakan modifikasi persamaan Terzaghi untuk kapasitas dukung tanah. Dengan nilai $\phi = 0$ untuk tanah lempung. Dihasilkan nilai seperti pada **Tabel 3** di bawah ini.

Tabel 3 Analisis Daya Dukung Pada Titik Tinjau

DB-2		
	Tahap 1	Tahap 2
γ_{fill} (t/m ³)	1.7	1.7
H_{fill} (m)	5	3
c (t/m ²)	1.2	2.11
Δc (t/m ²)	0.91	1
c_{akhir} (t/m ²)	2.11	3.11
q_u (t/m ²)	10.85	15.99

Derajat Konsolidasi Tanpa Menggunakan PVD

Derajat konsolidasi adalah perbandingan antara penurunan pada waktu ke-n dengan konsolidasi total yang terjadi.

Tabel 5 Derajat Konsolidasi Tanpa PVD

t (Tahun)	t (Bulan)	t (Hari)	t (detik)	T_v	U_v (%)
0.0	0.0	0.0	-	-	0
0.1	1.6	49.5	4,276,057	0.00	5
0.5	6.6	198.0	17,104,227	0.01	10
1.2	14.8	445.4	38,484,510	0.02	15
2.2	26.4	791.9	68,416,907	0.03	20
3.4	41.2	1237.3	106,901,417	0.05	25
4.9	59.4	1781.7	153,938,040	0.07	30
6.7	80.8	2425.1	209,526,777	0.10	35
8.8	105.6	3167.4	273,667,627	0.13	40
11.1	133.6	4008.8	346,360,590	0.16	45
13.7	165.0	4949.1	427,605,667	0.20	50
16.6	199.6	5988.5	517,402,857	0.24	55
20.0	240.5	7215.9	623,449,928	0.29	60
23.8	286.0	8579.7	741,281,832	0.34	65
28.2	338.5	10154.0	877,308,782	0.40	70
33.4	400.5	12016.1	1,038,194,517	0.48	75
39.7	476.5	14295.2	1,235,102,742	0.57	80
47.9	574.4	17233.4	1,488,961,596	0.68	85
59.4	712.5	21374.5	1,846,755,556	0.85	90

Dari **Tabel 5** di atas dapat dilihat konsolidasi U_v 90% akan terjadi selama 712.5 bulan.

Derajat Konsolidasi dengan PVD Spasi 1.3 Meter (Konfigurasi Segitiga)

Jenis PVD yang digunakan adalah tipe Flodrain dengan dimensi:

Panjang (a) = 100 mm

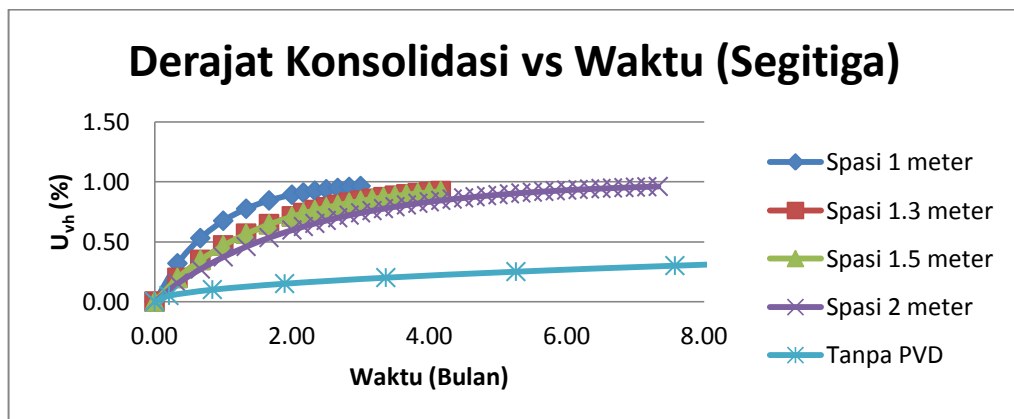
Lebar (b) = 4 mm

Tabel 6 Derajat Konsolidasi dengan PVD Spasi 1.3 Meter (Segitiga)

t (tahun)	t (bulan)	t (hari)	T_v (tahun)	U_v	$1-U_v$	T_h	U_r	$1-U_r$	U_{vh} (%)
0	0.00	0	0.000	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
0.03	0.33	10	0.0031	0.06	0.94	0.08	0.18	0.82	0.23
0.06	0.67	20	0.0062	0.09	0.91	0.17	0.33	0.67	0.39
0.08	1.00	30	0.0093	0.11	0.89	0.25	0.45	0.55	0.51
0.11	1.33	40	0.0124	0.13	0.87	0.33	0.55	0.45	0.60
0.14	1.67	50	0.0156	0.14	0.86	0.42	0.63	0.37	0.68
0.17	2.00	60	0.0187	0.15	0.85	0.50	0.69	0.31	0.74
0.18	2.17	65	0.0202	0.16	0.84	0.54	0.72	0.28	0.77
0.19	2.33	70	0.0218	0.17	0.83	0.58	0.75	0.25	0.79
0.21	2.50	75	0.0233	0.17	0.83	0.63	0.77	0.23	0.81
0.22	2.67	80	0.0249	0.18	0.82	0.67	0.79	0.21	0.83
0.24	2.83	85	0.0264	0.18	0.82	0.71	0.81	0.19	0.85
0.25	3.00	90	0.0280	0.19	0.81	0.75	0.83	0.17	0.86
0.26	3.17	95	0.0296	0.19	0.81	0.79	0.85	0.15	0.88
0.28	3.33	100	0.0311	0.20	0.80	0.83	0.86	0.14	0.89
0.29	3.50	105	0.0327	0.20	0.80	0.88	0.87	0.13	0.90
0.31	3.67	110	0.0342	0.21	0.79	0.92	0.89	0.11	0.91

Dari **Tabel 6** di atas dapat dilihat konsolidasi U_v 90% akan terjadi selama 3.5 bulan.

Berikut ditampilkan perbedaan lama penurunan dengan menggunakan PVD spasi 1.3 meter dan tanpa menggunakan PVD:

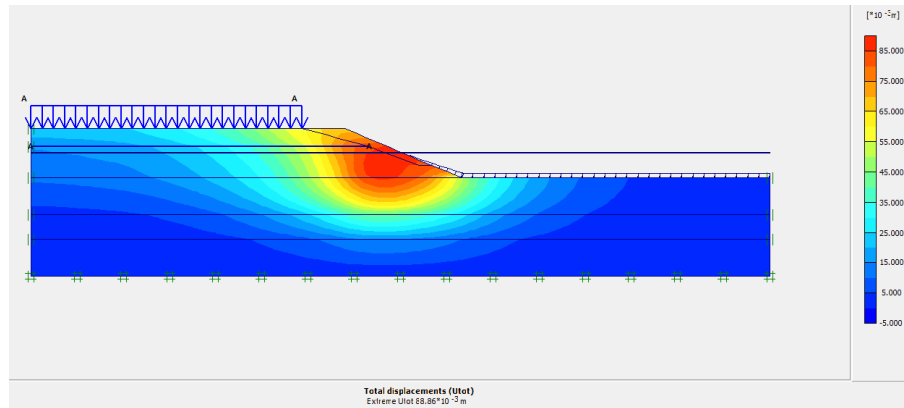


Gambar 2 Derajat Konsolidasi Terhadap Waktu

Dapat dilihat bahwa dengan menggunakan PVD jauh lebih mempercepat waktu penurunan konsolidasi yang terjadi sehingga waktu pengerjaan proyek pun dapat dipercepat. **Tabel 7** menunjukkan lebih jelas perbedaan waktu antara penggunaan PVD dan tanpa PVD.

Tabel 7 Rekapitulasi *Time Rate Consolidation*

<i>Time Rate Consolidation</i>									
Konsolidasi	Tanpa PVD	PVD Konfigurasi Segitiga				PVD Konfigurasi Persegi			
		1 meter	1.3 meter	1.5 meter	2 meter	1 meter	1.3 meter	1.5 meter	2 meter
$U_{vh} = 50\%$	4949 hari	20 hari	30 hari	39 hari	70 hari	23 hari	37 hari	47 hari	80 hari
$U_{vh} = 90\%$	21374 hari	60 hari	105 hari	140 hari	255 hari	70 hari	120 hari	165 hari	295 hari



Gambar 3 *Total Displacement* Tahap Akhir

Tabel 8 *Safety Factor* Tiap Tahapan

No. Tahapan	Tahapan	<i>Safety Factor</i>
1	Reklamasi Tahap 1	1.34
2	Reklamasi Tahap 2	1.37
3	Reklamasi Tahap 3	1.38
4	Tahap Pemasangan Armor	1.23
5	Tahap Jangka Panjang	1.26

Dari Tabel 8 di atas dapat dilihat bahwa nilai safety dari tahap 1 ke 2 meningkat dikarenakan adanya peningkatan nilai kohesi pada tanah dasarnya sehingga area reklamasi lebih aman dari kemungkinan terjadinya keruntuhan. Sama halnya dengan tahap 2 ke 3 terjadi peningkatan nilai kohesi akibat beban timbunan. Pada tahap 3 ke 4 terjadi penurunan karena adanya pemasangan armor. Pada tahap 4 ke 5 terjadinya peningkatan lagi karena adanya peningkatan nilai kohesi akibat beban timbunan kedua dan armor.

Kesimpulan

1. Untuk menghindari keruntuhan tanah pada areal reklamasi dapat dilakukan reklamasi dengan 3 tahapan penimbunan. Hasil perhitungan tinggi kritis dan kuat daya dukung tanah dasar dapat dilihat pada **Tabel 3**.
2. Tanah dasar pada areal reklamasi pada tugas akhir ini adalah tanah lunak, sehingga akibat pemberian beban di atasnya tanah mengalami penurunan yang cukup besar. Total penurunan konsolidasi yang terjadi adalah 1.7 meter dan 90% penurunan konsolidasi terjadi selama 59 tahun.
3. Penggunaan PVD dapat mempercepat waktu penurunan konsolidasi. Sehingga waktu pengerjaan proyek reklamasi dapat dipercepat menjadi 3.5 bulan.

Saran

Data tanah sebaiknya tidak menggunakan korelasi/pendekatan empiris dikarenakan akan membuat data menjadi kurang akurat.

Daftar Pustaka

- Bowles, J.E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga
- Budhu, M. 1999. *Soil Mechanics and Foundations*. John Wiley and Sons, inc
- Das, B.M. 2006. *Principles of Geotechnical Engineering*. Sacramento: California State University.
- Paramanandana, B. 2010. *Tugas Akhir: Soil Improvement pada Proyek Reklamasi*. Bandung: Program Studi Teknik Kelautan Institut Teknologi Bandung.
- Ihsan, R.N. 2008. *Tugas Akhir: Analisa Keruntuhan dan Settlement untuk Reklamasi Ancol Timur*. Bandung: Program Studi Teknik Kelautan Institut Teknologi Bandung.