

# UJI FISIK DAN NUMERIK MODEL KOMBINASI *PRELOADING* DAN *PREFABRICATED DRAIN* PADA TANAH LEMPUNG LUNAK

Sitti Hijrainsi Nur<sup>1</sup>, Yusuf<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10 90245 Telp 0411 587636

Email: aini\_2111@yahoo.com

## Abstract

*Soft clay soil is cohesive soils comprising the largest portion of land which consists of grains that are very small such as clay or silt. The nature of the soft clay layer have small shear force, a large congestion, small coefficient of permeability and low carrying capacity than other clay. So, when the load exceeded the carrying capacity of the critical construction, there will be damage to the foundation. According to soil test in laboratory obtained that specific gravity amount 2.75, coefficient of compression (Cc) amount 0.40 and coefficient of swelling (Cs) amount 0.03 so that is classified as a soft clay. Adding embankment as preloading from its characteristic which plotted from drawn plan. With adding prefabricated drain, is expected to make rate of consolidation become rapidly. Laying prefabricated drain have ratio of transversal and longitudinal distances with symmetric configuration amount 1/3 from length of embankment model with horizontal direction and have ratio of length prefabricated drain amount 2/3 from height of surface base soil. According to result of analysis plaxis obtained that maximum settlement amount 8.32 mm and accelerated the pace of consolidation up to 92.198% where the condition of excess pore water pressure at 1kN/m<sup>2</sup>.*

**Keyword:** soft clay, consolidation rate, settlement, prefabricated drain, preloading embankment, PLAXIS v.8, pore water pressure.

## Pendahuluan

Penurunan pada konstruksi teknik sipil akibat proses konsolidasi tanah pendukung merupakan salah satu aspek utama dalam bidang geoteknik terutama pada lapisan tanah lempung lunak. Proses konsolidasi adalah suatu proses disipasi air pori terhadap fungsi waktu. Pada awalnya teori konsolidasi 1-D ditemukan oleh Terzaghi (1925), dengan menganggap nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) yang konstan dan pengaliran yang terjadi satu arah (arah vertikal) selama proses konsolidasi berlangsung. Bolt (1941) mengembangkan teori konsolidasi 1-D dari Terzaghi dengan menganggap koefisien konsolidasi ( $C_v$ ), tegangan vertikal efektif dan kelebihan tekanan air pori yang bekerja merupakan fungsi transient dan pengaliran yang terjadi selama proses konsolidasi dalam tiga arah (multidimensional case) [7].

Penanggulangan terhadap penurunan yang besar dan waktu penurunan yang lama pada tanah lempung lunak yang dibebani merupakan masalah yang harus diperhatikan karena tanah lempung lunak memiliki kerapatan rongga yang rendah. Umumnya lapisan tanah lempung lunak terdiri dari tanah yang sebagian besar adalah butir-butir sangat kecil serta memiliki kemampuan besar dan koefisien permeabilitas yang kecil, sehingga jika pembebanan konstruksi melampaui daya dukung kritis, maka kerusakan tanah akan terjadi. Meskipun intensitas beban tersebut kurang dari daya dukung kritis, dalam jangka waktu yang lama besarnya penurunan akan terus meningkat, sehingga akan mengakibatkan permukaan tanah di sekeliling konstruksi naik atau turun, atau terjadi penurunan muka air tanah atau pengeringan air di tengah konstruksi yang pada akhirnya mengakibatkan kerusakan di sekitar konstruksi [3], [6], [8].

Salah satu metode perbaikan tanah yang tepat kondisi permasalahan tanah lempung lunak melalui kombinasi preloading. Kombinasi pada metode ini dilakukan dengan cara memberikan beban awal yaitu berupa timbunan (*preloading*) pada tanah lempung yang telah diberi sistem drainase berupa drainase vertikal ataupun drainase horizontal [1], [4]. Dengan adanya pemasangan *drain* tersebut maka waktu yang diperlukan untuk penurunan tanah tersebut menjadi lebih singkat. *Drain-drain* tersebut bisa diisi pasir (bahan yang permeabilitasnya besar), atau bisa juga menggunakan sintetik *drain* berbentuk pita. *Drain* konvensional atau dikenal dengan *sand drain* sudah banyak ditinggalkan dan fungsinya digantikan oleh *prefabricated drain* yang menggunakan bahan geotekstil atau bahan sintesis [5].

Seiring dengan perkembangan jaman yang menuntut kepraktisan dalam pencapaian kebutuhan hidup, tuntutan akan perencanaan secara komputerasi mutlak diperlukan. Adapun salah satu aplikasi yang sesuai untuk melakukan perencanaan dan praduga atas perencanaan konstruksi yang berkaitan dengan geoteknik adalah Plaxis. Plaxis adalah software perencanaan berbasis Metode Elemen Hingga yang berorientasi dari tahapan iterasi dapat memudahkan kita sebagai geo-engineer pada suatu perencanaan yang berkaitan dengan struktur tanah [2].

## Metode Penelitian

### Pemeriksaan Karakteristik Material Tanah

Pengujian karakteristik tanah yang digunakan adalah kadar air, berat isi, berat jenis, analisa saringan, batas-batas Atterberg, konsolidasi, kompaksi, permeabilitas, kuat tekan bebas dan geser langsung yang sesuai dengan standar pengujian yang diisyaratkan (SNI, ASTM, AASHTO).

### Pemeriksaan Karakteristik Material Prefabricated Drain

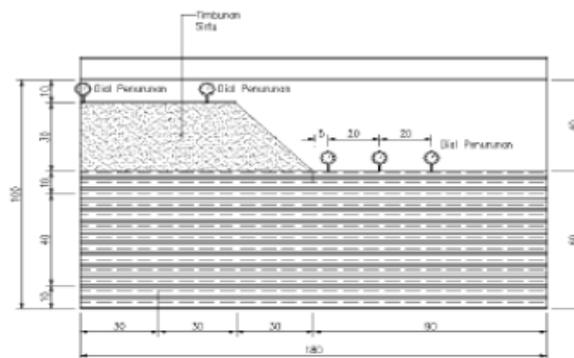
Pengujian karakteristik material Prefabricated Drain yang digunakan adalah uji permeabilitas untuk mengetahui kemampuan resap dari bahan tersebut (koefisien rembesan).

### Pembuatan Model *Preloading Embankment*

Pembuatan model dibuat menjadi 2 (dua) variasi, yakni tanpa perkuatan dan penambahan *prefabricated drain*.

#### a. Tanpa Perkuatan

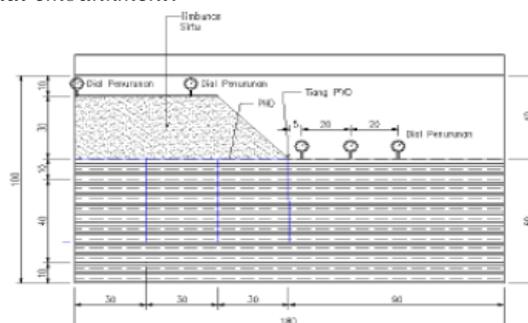
Tanah lempung dimasukkan kedalam bak pengujian berukuran 100 cm x 50 cm x 180 cm sampai setinggi 60cm (tanah dasar). Dalam masa rekonstruksi, tanah dibuat jenuh dengan cara mengisinya dengan air lalu di kontrol dengan pengatur tinggi muka air (*levelling water control*). Setelah bak pengujian diisi tanah, tanah timbunan berupa tanah lempung lalu dimasukkan diatas lapisan tanah dasar yang dimodelkan sebagai embankment jalan setinggi 30 cm. Dial indikator (*dial gauge*) di letakkan pada lima (5) posisi. Yang pertama tepat diatas embankment; kedua diletakkan di tanah dasar sekitar 10 cm diujung timbunan, yang ketiga di tanah dasar 5cm dari lereng, yang keempat ditempatkan dengan jarak 20 cm dari lereng *trial embankment* dan yang kelima ditempatkan dengan jarak 40cm dari lereng *trial embankment*.



**Gambar 1** Model *Embankment* Tanpa Perkuatan

#### b. Dengan *Prefabricated Drain*.

Tanah lempung dimasukkan ke dalam bak pengujian berukuran 100 cm x 50 cm x 180 cm sampai setinggi 60cm (tanah dasar). Dalam masa rekonstruksi, tanah dibuat jenuh dengan cara mengisinya dengan air lalu di kontrol dengan pengatur tinggi muka air (*levelling water control*). Setelah bak pengujian diisi tanah, tanah timbunan berupa tanah lempung lalu dimasukkan diatas lapisan tanah dasar yang dimodelkan sebagai embankment jalan setinggi 30 cm. Setelah itu, PVD dipasang kedalam tanah dasar hingga kedalaman 40cm dengan jarak antar titik pemasangan sebesar 30 cm. Setelah PVD terpasang, diikat dengan PHD pada titik-titik pemasangan PVD dengan panjang sepanjang 90 cm. Dial indikator (*dial gauge*) di letakkan pada lima (5) posisi. Yang pertama tepat diatas embankment; kedua diletakkan di tanah dasar sekitar 10 cm diujung timbunan, yang ketiga di tanah dasar 5cm dari lereng, yang keempat ditempatkan dengan jarak 20 cm dari lereng *trial embankment* dan yang kelima ditempatkan dengan jarak 40cm dari lereng *trial embankment*.



**Gambar 2.** Model *Embankment* Dengan *Prefabricated Drain*

Pembuatan Model Pada Program Plaxis v.8

Adapun prosedur perencanaan penelitian dengan menggunakan analisa Plaxis v.8 adalah

- a. Pengaturan *general setting*.
- b. Penggambaran model penelitian.
- c. Pengaturan *material set*.
- d. Pengaturan *meshing*.
- e. Tahapan *initial condition*.
- f. Tahapan *calculation*.

## Standar Penelitian

**Tabel 1.** Pengujian Karakteristik Fisis

Pengujian	Standar Metode
Kadar Air dan Berat Isi	ASTM D2216-71
Berat Jenis	ASTM D854-58(72)
Analisa Saringan	ASTM D1140-54, D421-58 & D422-63
Permeabilitas	ASTM D2434-68
Batas-Batas Atterberg	ASTM D3080-72
Konsolidasi	ASTM D1140-54

**Tabel 2.** Pengujian Karakteristik Mekanis

Pengujian	Standar Metode
Kompaksi	ASTM D1557-70 & AASHTO T99-70
Kuat Tekan Bebas	ASTM D2166-66
Geser langsung	ASTM D3080, AASHTO T236

## Hasil dan Pembahasan

Material Tanah

- a. Tanah Dasar

**Tabel 3** Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan

Pengujian	Hasil Pemeriksaan	
	Nilai	Unit
Kadar Air	44.53	%
Berat Jenis	2.75	-
Analisa Saringan		
• Tanah Butir Kasar	45.90	%
• Tanah Butir Halus	54.10	%
Permeabilitas	$1.934 \cdot 10^{-7}$	cm/s
Kuat Tekan Bebas (qu)	0.305	kg/cm <sup>2</sup>
Batas-Batas Atterberg		
• Batas Cair, LL	50.36	%
• Batas Plastis, PL	37.23	%
• Indeks Plastisitas, IP	13.12	%
• Batas Susut, SL	30.86	%
Kompaksi		
• Berat Isi Kering Opt.	1.22	gr/cm <sup>3</sup>
• Kadar Air Opt.	41.75	%
Konsolidasi		
• Koefisien Tekanan, Cc	0.400	-
• Koefisien kembang, Cs	0.031	-

Geser Langsung		
• Kohesi, c	0.104	kg/cm <sup>2</sup>
• Sudut Geser Dalam, $\phi$	17.32	°

Sumber : Hasil penelitian

#### b. Tanah Timbunan

**Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan**

Pengujian	Hasil Pemeriksaan	
	Nilai	Unit
Kadar Air	33.09	%
Berat Jenis	2.66	-
Analisa Saringan		
• Tanah Butir Kasar	91.509	%
• Tanah Butir Halus	8.491	%
Kuat Tekan Bebas (qu)	0.72	kg/cm <sup>2</sup>
Kompaksi		
• Berat Isi Kering Opt.	1.43	gr/cm <sup>3</sup>
• Kadar Air Opt.	30.97	%
Geser Langsung		
• Kohesi, c	0.008	kg/cm <sup>2</sup>
• Sudut Geser Dalam, $\phi$	34.31	°

Sumber : Hasil Penelitian

#### Karakteristik Material *Prefabricated Drain*

Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas *prefabricated drain*, didapatkan nilai koefisien permeabilitas *drain* sebesar  $1.85 \cdot 10^{-1}$  cm/s.

#### Permodelan Penelitian dengan Program Plaxis

Permodelan yang dilakukan dalam penelitian ini setelah mengetahui karakteristik dari tanah dasar dan tanah timbunan serta material *prefabricated drain* yang digunakan, selanjutnya dianalisa melalui program Plaxis v.8. Tujuan dari penganalisa ini adalah untuk mengetahui pengaruh *prefabricated drain* yang akan diaplikasikan terhadap tanah lempung lunak melalui analisa numerik Plaxis.



**Gambar 3.** Perbandingan Penurunan tanah tanpa perkuatan (biru) dan penurunan tanah dengan menggunakan *prefabricated drain* (merah)

Dari grafik terlihat perbedaan penurunan yang sangat mencolok pada kedua model yang dianalisis. Penurunan yang terjadi tanpa perkuatan berlangsung sangat pelan sementara yang menggunakan *prefabricated drain* penurunan

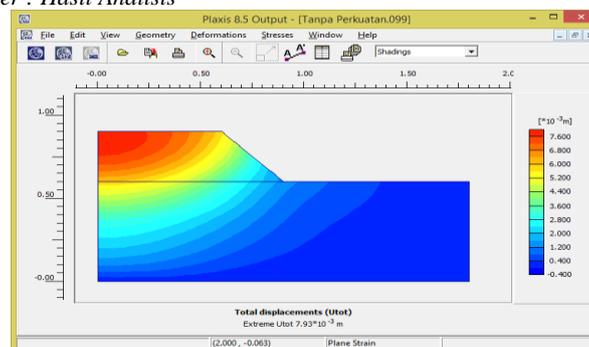
berakhir sangat cepat. Dari model yang digunakan *final settlement* terjadi hanya 1 hari sementara penurunan tanah tanpa perkuatan berlangsung hingga 13-15 hari.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Parameter Keluaran dari Program Plaxis dengan Variasi Model

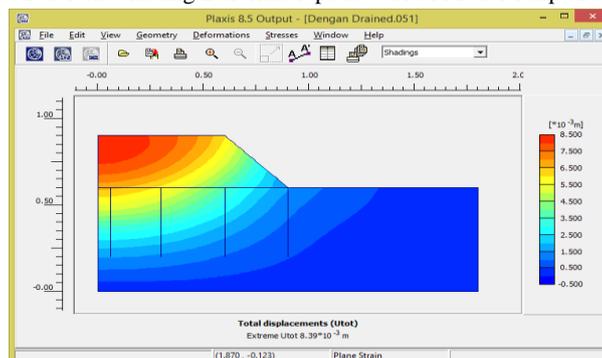
TANPA PERKUATAN						
PARAMETER \ TITIK	Unit	A	B	C	D	E
	Maks. Penurunan	mm	7.88	6.51	1.27	0.65
Angka Keamanan	-	Menimbun			Tahap Akhir	
		2.115			2.111	
Waktu Konsolidasi	Hari	13.33				

PREFABRICATED DRAIN						
PARAMETER \ TITIK	Unit	A	B	C	D	E
	Maks. Penurunan	mm	8.32	6.86	1.37	0.711
Angka Keamanan	-	Menimbun			Tahap Akhir	
		2.116			2.109	
Waktu Konsolidasi	Hari	1.04				

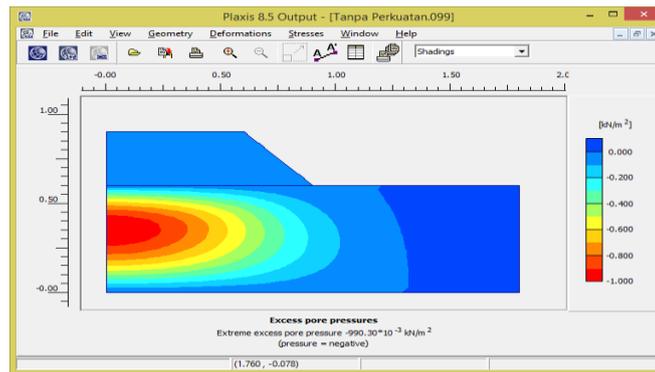
Sumber : Hasil Analisis



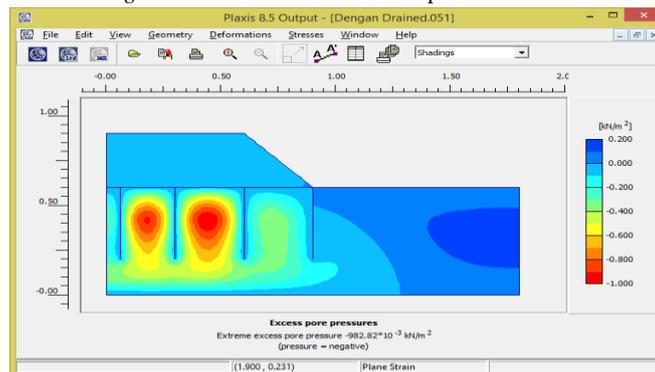
**Gambar 4.** Pola Shading Deformasi pada Variasi Model Tanpa Perkuatan



**Gambar 5.** Pola Shading Deformasi pada Variasi Model Penambahan *Prefabricated Drain*



**Gambar 6.** Pola *Shading* Kelebihan Tekanan Air Pori pada Variasi Model Tanpa Perkuatan



**Gambar 7.** Pola *Shading* Kelebihan Tekanan Air Pori pada Variasi Model Penambahan *Prefabricated Drain*

Gambar 4, 5, 6 dan 7 di atas merupakan visualisasi hasil analisa plaxis yang memperlihatkan pola *shading* dari beberapa variasi model pembebanan pada tanah timbunan baik yang tanpa perkuatan maupun dengan pemasangan *prefabricated drain*. Terlihat *final settlement* yang terjadi pada 5 titik acuan yang ditinjau tidak terlalu signifikan perbedaannya namun untuk pola kelebihan tekanan air pori terlihat proses keluarnya air pori sangat besar pada model perkuatan dengan menggunakan *prefabricated drain*.

### Kesimpulan

Dari hasil permodelan, dapat diketahui penurunan maksimal yang terjadi pada variasi *prefabricated drain* dengan besar penurunan sebesar 8.32 mm dengan waktu tempuh konsolidasi selama 1.04 hari. Dari sini diketahui bahwa pengaruh signifikan dari penambahan *prefabricated drain* ke dalam permodelan akan mempercepat laju konsolidasi tanah sebesar 92.198%.

### Daftar Pustaka

- Batubara, Rachmadony, Teknik Preloading dan Penggunaan Vertical Drains, (“rachmadony.blogspot.com”).  
 Brinkgreve, R.B.J, Manual Plaxis for Plaxis 2D v8, Delft University of Technology & Plaxis b.v, The Netherlands.  
 Das, Braja M. (1995), Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I, Erlangga, Jakarta.  
 Forum Bebas Indonesia, Perkembangan Vertikal Drain,(www.forumbebas.com/thread-92508.html).  
 Geosistem, Geosynthetics For Soil Improvements, PT. Teknindo Geosistem Unggul, Surabaya.  
 Hardiyatmo, C. H. (2010), Mekanika Tanah 1, Gajah Mada University Press, Jakarta.  
 Terzaghi, K dan R.B. Peck. (1987), Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa I, Alih bahasa Bagus, W., dan K. Benny. Erlangga, Jakarta.  
 Wesley, L. D. (1977), Mekanika Tanah, Badan Penerbit Percetakan Umum, Jakarta.