

## REKAYASA GEOTEKNIK DALAM DESAIN EMBUNG DOUDSENDOW DIATAS LAPISAN TANAH LUNAK

Stephanie M. F. Nangoy

Alumni Program Pascasarjana S2 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

O. B. A. Sompie, Lintong Elizabeth

Dosen Pasca Sarjana Program Studi S2 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

### ABSTRAK

Pemilihan tahapan konstruksi pada dam timbunan tanah (*Earthfill Dam*) dengan teknik yang efektif dilakukan diatas tanah dasar lunak (*soft subsoil*) dimana konsolidasi dapat menyebabkan penurunan akibat beban. Makalah ini menunjukkan studi perilaku dan stabilitas embung Doudsendow dalam tahapan konstruksi diatas lapisan tanah dasar lunak menggunakan metode elemen batas (*Finite Elemen Methods, FEM*) dengan bantuan program *Plaxis*. Perilaku tanah diselidiki dilaboratorium serta nilai dari tiap perubahan tahapan dievaluasi. Pendekatan metode numerik dengan program *Plaxis* digunakan sebagai pemecahan praktis masalah geoteknik.

**Kata kunci:** Rekayasa geoteknik, dam timbunan tanah

### PENDAHULUAN

Dam timbunan tanah (*Earthfill dam*) yang dikonstruksikan di atas lapisan tanah dasar lunak (*soft subsoil*) mengakibatkan berkurangnya tekanan air pori (*pore water pressure*). Lempung lunak (*soft clay*) memiliki permeabilitas yang rendah sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam proses konsolidasi.

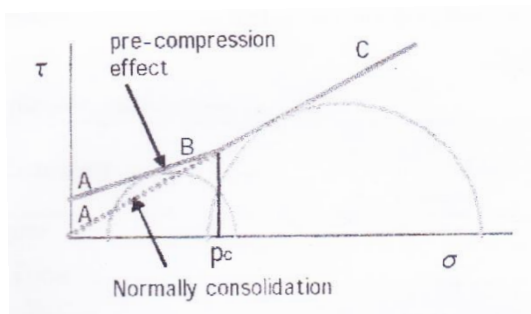
Analisa konsolidasi dengan menggunakan metode elemen hingga (FEM) bertujuan untuk menentukan tegangan yaitu tekanan air pori, distribusi tegangan-regangan, deformasi yang mungkin terjadi, serta penurunan.

Metode numerik pada program *Plaxis* digunakan untuk menganalisa penurunan dan faktor keamanan dengan metode elemen hingga (FEM) pada setiap tahapan konstruksi.

### MOHR-COULOMB MODEL

Pemadatan tanah menghasilkan gabungan kekuatan butiran yang tinggi dengan efek tarikan dan tegangan yang lebih besar pada keadaan tanah yang terkonsolidasi normal pada tegangan tertekan lebih rendah daripada tegangan pra-kompresi  $p_c$ . Hal ini diperlihatkan pada diagram mohr (Gambar 1), bahwa kekuatan geser (*strength envelope*) terdiri dari kombinasi 2 garis lurus, dimana untuk

maksud praktis dan keamanan, garis ABC yang digunakan dalam desain untuk menentukan  $C_u$  dan  $\phi_u$ .



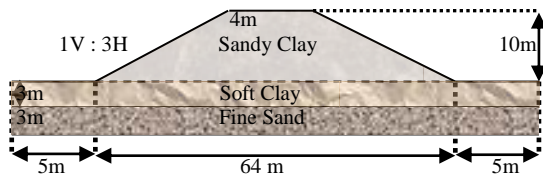
Gambar 1. Efek pra-kompresi pada material

Efek prakompresi hilang akibat pembasahan tanah, dimana  $c$  dan  $\phi$  yang digunakan dalam desain ditentukan dengan AB untuk desain dari sisi praktis.

### MATERIAL MODEL

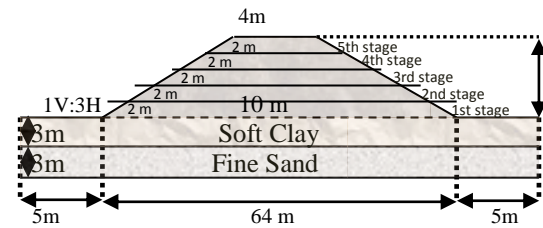
Dari hasil laboratorium, tanah dam adalah lempung berpasir (*sandy clay*). Untuk tujuan penyederhanaan analisa, *earthfill dam* diasumsikan sebagai tanah yang homogen dan dibangun di atas tanah dasar lapisan lempung lunak (*soft clay*) dan pasir halus (*fine sand*).

Rencana tinggi dam adalah 10 meter (H) dengan lebar puncak 4 meter dan kemiringan lereng (*slope*) kedua sisi 1V:3H.



Gambar 2. Earthfill dam Model

Konstruksi earthfill dam dibagi dalam 5 tahapan dengan masing-masing tahapan di konsolidasikan selama 30 hari.



Gambar 3. Lima (5) tahapan konstruksi

Earthfill dam yang sudah dimodelkan akan dianalisa pada setiap muka air tanah yang berbeda setelah dimasukkan data tanah yaitu sifat fisik dan teknik tanah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil laboratorium, data tanah diperoleh seperti pada Tabel 1.

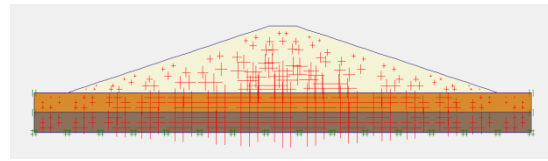
Tabel 1. Sifat fisik dan teknik tanah

Mohr-Coulomb		1 Sandy Clay (Embung Doudsendow)	2 Soft Clay	3 Fine Sand
Type		Undrained	Undrained	Drained
Unsaturated soil weight, $\gamma_{unsat}$	(kN/m <sup>3</sup> )	17.70	16.00	17.00
Saturated soil weight, $\gamma_{sat}$	(kN/m <sup>3</sup> )	20.94	17.00	19.00
Horizontal permeability, $k_x$	(m/day)	0.006	0.001	1.000
Vertical permeability, $k_y$	(m/day)	0.006	0.001	1.000
Young's modulus, $E_{rev}$	(kN/m <sup>2</sup> )	17500	6000	12000
Poisson's ratio, $\nu$	(-)	0.300	0.330	0.300
Cohesion, $c_{ref}$	(kN/m <sup>2</sup> )	2.00	20.00	2.00
Friction angle, $\phi$	(°)	6.00	10.00	26.00
Dilatancy angle, $\psi$	(°)	0.00	0.00	0.00

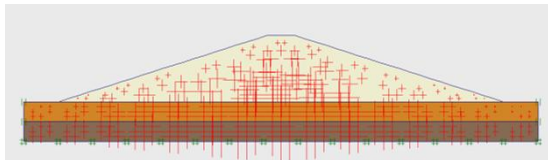
Dari skenario kemiringan lereng (slope), ketinggian tubuh dam dan lebar puncak diperoleh hasil setiap muka air tanah yang berbeda.

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4. merupakan hasil maksimal pada muka air 10 meter, 5 meter dan 2 meter.

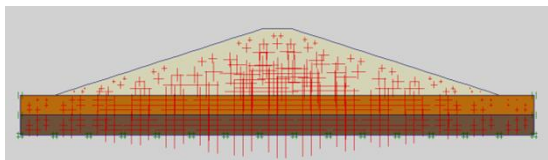
## Perilaku Tegangan-Regangan



Gambar 4. Tegangan Total pada MAT 10 m  
(Extreme total principal stress -163,34 kN/m<sup>2</sup>)



Gambar 5. Tegangan Total pada MAT 5 m  
(Extreme total principal stress -199,04 kN/m<sup>2</sup>)

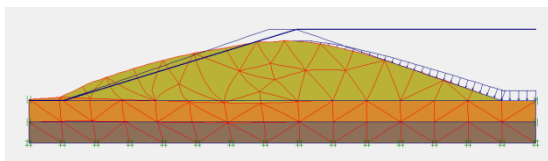


Gambar 6. Tegangan Total pada MAT 2 m  
(Extreme total principal stress -219,51 kN/m<sup>2</sup>)

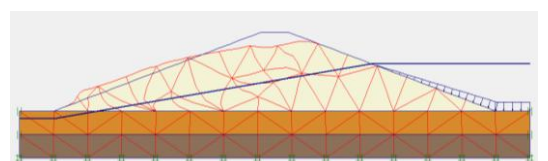
Distribusi tegangan total dalam arah prinsipal (mayor dan minor) pada tiap muka air tanah yang berbeda ditunjukkan pada gambar 4, 5, dan 6.

Besaran dapat diberikan pada setiap titik tegangan yang dihubungkan pada jaringan elemen hingga. Hal ini dapat dicapai dalam tegangan efektif dan tegangan air pori pada setiap tahapan konstruksi.

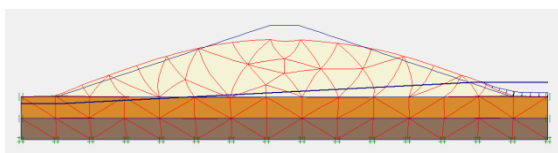
Sedangkan deformasi dan penurunan dapat juga ditentukan pada setiap waktu konstruksi



Gambar 7. Perpindahan Total pada MAT 10m  
(Extreme Total Displacement 264.15m)

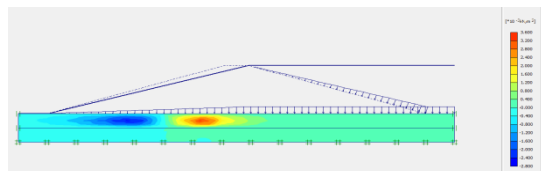


Gambar 8. Perpindahan Total pada MAT 5m  
(Extreme Total Displacement 507,37x10<sup>3</sup>m)



Gambar 9. Perpindahan Total pada MAT 2 m  
(Extreme Total Displacement 113,31 m)

**Tekanan Air Pori**

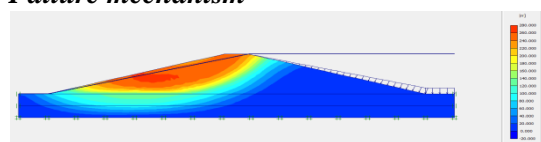


Gambar 9. Kelebihan Tekanan Air Pori Akhir pada MAT 10

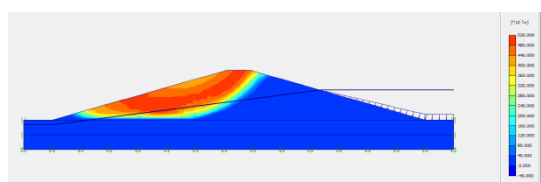
Kelebihan tegangan air pori selama konstruksi terjadi pada tubuh dam seperti pada Gambar 9. Hal ini menjelaskan reduksi tegangan efektif dan faktor keamanan menurun seiring meningkatnya tinggi dam, dimana kelebihan tegangan pori yang besar terjadi pada tubuh bendung dapat menghasilkan retakan atau kolaps dam.

Jadi untuk mereduksi perkembangan kelebihan tegangan pori pada tubuh bendung menjadi faktor yang penting dalam konstruksi dam timbunan tanah.

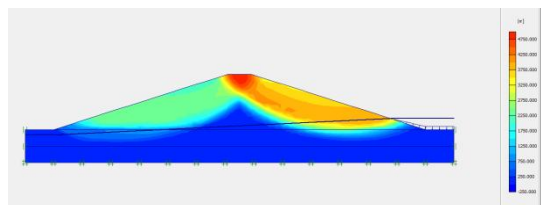
**Failure mechanism**



Gambar 10. Tipe Longsoran pada Mat 10



Gambar 11. Tipe Longsoran pada Mat 5

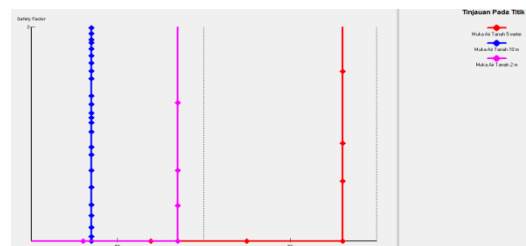


Gambar 12. Tipe Longsoran pada Mat2

Potensial keruntuhan longsor terjadi menurun kebagian tanah lempung lunak (*soft soil*). Tipe longsoran dapat dilihat pada gambar 10, 11, dan 12.

**HASIL ANALISIS**

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, diperoleh perbandingan *safety factor* pada tiap muka air tanah yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Kurva Faktor Keamanan

**KESIMPULAN**

Melalui tahapan konstruksi yang tepat sangat berguna dalam pembangunan *earthfill dam* diatas tanah lunak. Simulasi dan perhitungan dapat dilakukan dengan metode elemen hingga dengan bantuan program Plaxis. Metode numerik merupakan pendekatan dari kondisi lapangan sehingga dapat diselesaikan dengan perhitungan sehingga dapat diprediksi perilaku dan stabilitas struktur dam.

Analisa elemen hingga digunakan untuk menentukan tegangan pori, distribusi tegangan-regangan dan prediksi deformasi dan penurunan. Faktor keamanan masing-masing fase konstruksi dijelaskan dengan asumsi phi-c.

**DAFTAR PUSTAKA**

Brinkgreve, R. B. J., P. A. Vermeer, et al., 2002. *PLAXIS 2D-Finite Element Code for Soil and Rock Analyses*. Versi 8, Delft University & Plaxis b. V., A. A. BALKEMA / ROTT / BROOKFIELD. The Netherlands.

Das B. M., 1995. *Mekanika Tanah Prinsip – Prinsip Geoteknik*, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Sompie, Oktovian Berty A., 2010. *Improvement of soil consolidation test & Inclusion of secondary compression on hydraulic structure design*, PPLH-SDA Unsrat Press, Manado.