

**ANALISIS STABILITAS JANGKA PENDEK DAN JANGKA PANJANG
TIMBUNAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN TIPE DRAINASE
UNDRAINED A DAN UNDRAINED B PADA METODE ELEMEN HINGGA
PLAXIS 2D**

Edward Widjaja, Nita Ivana, Rizal Jabarudin Nur

Intitut Teknologi Bandung

25022050@mahasiswa.itb.ac.id, 25022052@mahasiswa.itb.ac.id,

25022120@mahasiswa.itb.ac.id

Abstrak

Salah satu metode perbaikan tanah pada kasus timbunan jalan tol adalah melakukan prapembebanan untuk meningkatkan kuat geser tanah dasar. Pada studi ini, dilakukan pemodelan kasus timbunan pada perangkat lunak PLAXIS 2D. Analisis akan dilakukan pada kondisi prapembebanan (jangka pendek dan jangka panjang), kondisi layan, dan kondisi gemp. Studi dilakukan dengan memodelkan tanah dasar dengan pendekatan effective stress analysis (ESA) dengan dua tipe drainase (drainage type) berbeda, yaitu Undrained A dan Undrained B. Pada model dengan tipe drainase Undrained A, analisis stabilitas jangka panjang dilakukan dengan memodelkan konsolidasi, sedangkan analisis jangka panjang dengan tipe drainase Undrained B dilakukan dengan memperbarui kuat geser undrained tanah dasar berdasarkan persamaan oleh Han, Jie (2015). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan pada tipe drainase Undrained A lebih besar sekitar 10-28% dibandingkan tipe drainase Undrained B sepanjang tahapan prapembebanan, kondisi layan, dan kondisi gemp. Perbedaan pada nilai faktor keamanan terjadi karena perbedaan pada definisi faktor keamanan dan kriteria keruntuhan. Analisis stabilitas dengan tipe drainase Undrained A perlu dilakukan secara hati-hati dengan mempertimbangkan akurasi parameter jangka panjang, sedangkan akurasi pemodelan stabilitas dengan Undrained B dapat ditingkatkan dengan melakukan kalibrasi pada koefisien pada persamaan Han (2015) berdasarkan sudut geser undrained yang diperoleh dari uji triaksial CU.

Kata Kunci: *Kata Kunci: Stabilitas Timbunan, PLAXIS 2D, Peningkatan Kuat Geser, Kriteria Keruntuhan, Lintasan Tegangan.*

Abstract

One of the methods of soil improvement in the case of highway embankments is to perform pre-loading to increase the shear strength of the subgrade. In this study, the embankment

How to cite:

Edward Widjaja, Nita Ivana, Rizal Jabarudin Nur (2023), Analisis Stabilitas Jangka Pendek dan Jangka Panjang Timbunan Tanah Lunak Menggunakan Tipe Drainase Undrained A dan Undrained B pada Metode Elemen Hingga Plaxis 2d, (5) 8, <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v5i7.2416>

E-ISSN:

[2684-883X](https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v5i7.2416)

Published by:

[Ridwan Institute](https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v5i7.2416)

case is modeled in PLAXIS 2D software. The analysis will be conducted under short-term, long-term embankment conditions, services, and pseudostatic earthquakes. The study was conducted by modeling the subgrade using the effective stress analysis (ESA) approach with two different drainage types, Undrained A and Undrained B. In the model with Undrained A drainage type, the long-term stability analysis was performed by modeling consolidation, while the long-term analysis with Undrained B drainage type was performed by updating the undrained shear strength of the subgrade based on the equation by Han (2015). The analysis results show that the factor of safety values of Undrained drainage type A are about 10-28% greater than those of Undrained drainage type B throughout the preloading, service, and earthquake conditions. The difference in the factor of safety values occurs due to differences in the definition of safety factor and failure criterion. Stability analysis with Undrained A drainage type needs to be conducted carefully by considering the accuracy of the long-term parameters, while the accuracy of stability analysis with Undrained B can be improved by calibrating the coefficients in Han, Jie (2015) equation based on the undrained friction angle obtained from the CU triaxial test.

Keywords: *Embankment Stability, PLAXIS 2D, Gain Strength, Failure Criterion, Stress Path.*

PENDAHULUAN

Perencanaan timbunan jalan tol pada tanah lunak umumnya memiliki permasalahan stabilitas dimana tanah dasar tidak kuat untuk menahan beban timbunan sehingga berpotensi terjadi kelongsoran. Salah satu metode perbaikan yang dapat digunakan adalah pemanfaatan prapembebanan secara bertahap untuk meningkatkan kuat geser niralir (*undrained shear strength*) tanah dasar (Rakhman, 2021). Peningkatan kuat geser niralir tanah dasar merupakan konsekuensi dari pemadatan yang terjadi akibat proses konsolidasi.

Analisis stabilitas timbunan sepanjang proses prapembebanan, baik secara jangka pendek maupun jangka panjang, dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga PLAXIS 2D. Dalam memodelkan tanah dasar kelempungan, pendekatan analisis yang umum digunakan adalah menggunakan *effective stress analysis* (ESA) dengan mengatur tipe drainase (*drainage type*) menjadi *Undrained A* atau *Undrained B* (Wibowo, 2022). Hal ini membuat analisis memperhitungkan adanya tegangan air pori berlebih (Δu) akibat pembebanan yang terjadi.

Studi dilakukan untuk melakukan perbandingan terhadap faktor keamanan yang dihasilkan dari penggunaan kedua tipe drainase tersebut pada prapembebanan bertahap (kondisi jangka pendek dan jangka panjang), kondisi layan, dan kondisi gempa (Ir Lusmeilia Afriani, 2020). Pertambahan kuat geser tanah dasar pada tipe drainase *Undrained A* ditentukan secara implisit dengan menambahkan tahapan konsolidasi saat

penimbunan, sedangkan pertambahan kuat geser tanah dasar pada tipe drainase *Undrained B* ditentukan berdasarkan persamaan oleh (Han & Yoon, 2015)

Analisis Stabilitas Timbunan

Timbunan (*embankment*) menurut SNI 8460:2017 umumnya digunakan pada badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah (Pramulandani, 2020). Sifat teknis pada lereng timbunan dipengaruhi oleh jenis tanah, cara penimbunan, dan derajat kepadatan tanah (Yakin et al., 2022). Analisis secara terpisah harus dilakukan pada lereng timbunan, yaitu pada kondisi jangka pendek, kondisi jangka panjang, kondisi penurunan muka air seketika (*sudden draw-down*), dan gangguan gempa (Putra, 2021).

Analisis lereng timbunan pada kondisi jangka pendek dilakukan melalui *total stress analysis*, untuk meninjau kestabilan lereng dalam kondisi awal pekerjaan timbunan hingga selesai dilaksanakan (Sungkar & Munirwan, 2020). *Total stress analysis* mengabaikan kondisi muka air tanah, dengan parameter tanah yang dibutuhkan berupa kohesi (s_u) dan sudut geser dalam total (Φ).

Analisis lereng pada kondisi jangka panjang, dilakukan melalui pendekatan *effective stress analysis* untuk meninjau kondisi kestabilan lereng setelah pekerjaan konstruksi selesai (Jaya, 2017). *Effective stress analysis* tidak mengabaikan kondisi muka air tanah, dengan parameter yang digunakan merupakan parameter tanah efektif yaitu kohesi efektif (c') dan sudut geser dalam efektif (Φ').

Faktor keamanan lereng yang disyaratkan menurut SNI 8460:2017 dengan pertimbangan biaya dan konsekuensi kegagalan lereng terhadap ketidakpastian kondisi analisis (Saragi et al., 2023). Nilai faktor keamanan minimal untuk lereng tanah dengan tingkat ketidakpastian kondisi analisis rendah adalah $FK \geq 1.25$.

Kenaikan Kekuatan Tanah

Kekuatan geser tanah lempung akan meningkat saat terkena beban akibat proses konsolidasi (Listyawan & Syahputra, 2020). Disipasi dari tekanan air pori menyebabkan perubahan dalam keadaan tegangan di bawah beban dan mengakibatkan adanya peningkatan tegangan efektif (Desiani, 2018). Perhitungan nilai peningkatan kekuatan tanah akibat proses konsolidasi yang terjadi akan memberikan nilai kapasitas serta faktor keamanan yang meningkat.

Tavenas, dkk (1977) menjelaskan bahwa peningkatan kekuatan tanah niralir atau *undrained shear strength* (s_u) akibat konsolidasi di bawah peningkatan tekanan vertikal efektif (P_v') dapat dievaluasi melalui metode – metode yang umum digunakan. Hubungan antara kekuatan tanah (s_u) dan tekanan konsolidasi bervariasi antar jenis material dan dapat ditentukan melalui rasio s_u/P_v' . Berdasarkan pengujian vane *in situ* dan pengujian oedometer pada berbagai kedalaman, nilai rasio ini ditentukan bervariasi antara 0,2 hingga 0,35.

Han, Jie (2015) menjelaskan bahwa nilai peningkatan kekuatan tanah lempung jenuh dapat diestimasi melalui persamaan berikut:

$$\Delta c_u = 0.25 U_t p$$

dengan:

Δc_u = *strength gain*

p = tegangan seragam akibat *preloading*

U_t = *degree of consolidation at time t*

Selanjutnya, nilai total *undrained shear strength* setelah proses *preloading* dihitung sebagai berikut:

$$c_{u1} = c_u + \Delta c_u$$

Perkuatan Geotekstil

Geotekstil merupakan salah satu klasifikasi dari geosintetik yang merupakan produk polimer untuk aplikasi struktur geoteknik (Lubis, 2018). Geotekstil merupakan produk *permeable* yang digunakan pada tanah dengan kegunaan untuk memisahkan, menyaring, melindungi, serta mendrainase tanah. Geotekstil umumnya terbuat bahan berupa *polypropylene (PP) polymers*, atau bahan *polymer* lain berupa polyester (*polyethylene terephthalate (PET), polyethylene (PE)*), dan *polyamide (nylon)* (Hamdani, 2019).

Geotekstil yang umum ditemukan dapat berupa geotekstil tak teranyam (*nonwoven*), teranyam (*woven*), dan rajut (*knitted*) (Hamdani, 2019). Geotekstil tak teranyam umumnya berupa susunan serat acak yang disatukan melalui peleburan panas, tusukan jarum, maupun resin. Geotekstil teranyam umumnya diproduksi melalui proses tenun dengan serta disusun pada sudut yang hampir tegak lurus satu sama lain dalam konfigurasi yang bervariasi. Geotekstil rajut umumnya diproduksi melalui *interloop* serat.

Geotekstil dalam aplikasi pekerjaan timbunan membutuhkan kualitas yang baik berupa kekuatan tarik yang memadai, elongasi yang mencukupi regangan yang terjadi saat pembebanan dan tekanan berulang, fleksibilitas, serta ketahanan terhadap aus dan air.

Analisis Stabilitas dengan Metode Elemen Hingga

Analisis kestabilan lereng dapat digunakan menggunakan melalui metode analitis berdasarkan konsep keseimbangan batas yang memperhitungkan keseimbangan gaya dan momen dengan berbagai asumsi maupun menggunakan metode numerik melalui metode elemen hingga.

PLAXIS 2D merupakan perangkat lunak metode elemen hingga yang dapat digunakan dalam analisis deformasi, stabilitas, dan arus untuk berbagai kasus geoteknik. PLAXIS 2D memungkinkan pengguna untuk memodelkan kondisi nyata melalui model *plane strain* maupun *axisymmetric*. Pemodelan menggunakan *plane strain* digunakan pada geometri dengan penampang melintang yang seragam dan skema pembebanan yang sesuai pada area tegak lurus terhadap penampang melintang.

Pada pemodelan analisis stabilitas menggunakan PLAXIS 2D, perilaku *undrained* pada tanah lempung dapat digambarkan melalui tiga pendekatan, yaitu: *Undrained A*, *Undrained B*, dan *Undrained C* dengan penjelasan berdasarkan manual adalah sebagai berikut:

Analisis Stabilitas Jangka Pendek dan Jangka Panjang Timbunan Tanah Lunak Menggunakan Tipe Drainase Undrained A dan Undrained B pada Metode Elemen Hingga Plaxis 2d

1. *Undrained A*: Menggunakan pendekatan *effective stress*, kekuatan tanah dimodelkan menggunakan parameter efektif.
2. *Undrained B*: Menggunakan pendekatan *effective stress*, namun kekuatan tanah dimodelkan menggunakan parameter total.
3. *Undrained C* Menggunakan pendekatan *total stress* dengan seluruh parameter didefinisikan sebagai parameter *undrained*.

Hal-hal yang menjadi karakteristik pada pemodelan perilaku *undrained* menurut manual PLAXIS 2D (2020).

1. *Undrained A*
 - Digunakan parameter kekakuan dan kekuatan efektif sebagai input.
 - Tekanan air pori dihasilkan, namun memungkinkan hasil yang tidak akurat dan bergantung kepada model dan parameter yang digunakan.
 - Kekuatan geser niralir s_u , bukan parameter input melainkan hasil dari model konstitutif.
 - Analisis konsolidasi dapat dilakukan setelah perhitungan kondisi niralir, yang memengaruhi kekuatan geser.
2. *Undrained B*
 - Digunakan parameter kekakuan efektif dan parameter kekuatan tak terdrainase sebagai input.
 - Tekanan air pori dihasilkan, namun tingkat akurasi rendah.
 - Kekuatan geser niralir, s_u , merupakan parameter input.
 - Analisis konsolidasi dapat dilakukan setelah perhitungan kondisi niralir. Apabila analisis konsolidasi dilakukan, dibutuhkan pembaruan parameter s_u .

Pseudostatik

Pemodelan pengaruh gempa pada metode elemen hingga dapat dilakukan melalui metode pseudostatik, yang mana mengacu pada SNI 8460:2017 menggambarkan pengaruh gempa sebagai percepatan horizontal dan atau vertikal. Analisis ini memperhitungkan pengaruh seismik yang menghasilkan gaya inersia, F_h , dan F_v yang bekerja pada pusat massa keruntuhan. Analisis ini menggunakan koefisien seismik percepatan puncak di permukaan (PGA) dengan faktor keamanan minimum terhadap gempa ($FK > 1.0$). Koefisien gempa horizontal, k_h , ditentukan sebesar 0.5 dari percepatan puncak horizontal dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan melakukan perbandingan faktor keamanan stabilitas timbunan untuk kondisi jangka pendek dan jangka panjang, dengan dua model yang menggunakan dua tipe drainase (*drainage type*) berbeda, yaitu *Undrained A* dan *Undrained B* pada perangkat lunak PLAXIS 2D. Pemodelan dilakukan menggunakan model *plane strain* dengan tanah yang digunakan adalah tanah lempung lunak homogen dan tanah lunak kaku. Parameter-parameter tanah untuk pemodelan didapatkan menggunakan korelasi – korelasi yang umum digunakan. Parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Tanah

Lapis Tanah	NSPT	Jenis Tanah	Model Material	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	E' (kN/m^2)	s_u (kN/m^2)	c' (kN/m^2)	ϕ' ($^\circ$)
Tanah Dasar I	4	Lempung	M-C	15	16	4000	20	5	25
Tanah Dasar II	25	Lempung	M-C	17	18	25000	125	-	-
Tanah Timbunan	-	Lempung	M-C	16	17	8000	40	-	-

Pada pemodelan timbunan, akan digunakan perkuatan menggunakan dua lapis *geotextile* dengan parameter *geotextile* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis dilakukan untuk kondisi prapembebanan bertahap (kondisi jangka pendek dan jangka panjang), kondisi layan, dan kondisi gempa. Faktor keamanan didapatkan menggunakan *strength reduction method* (SRM).

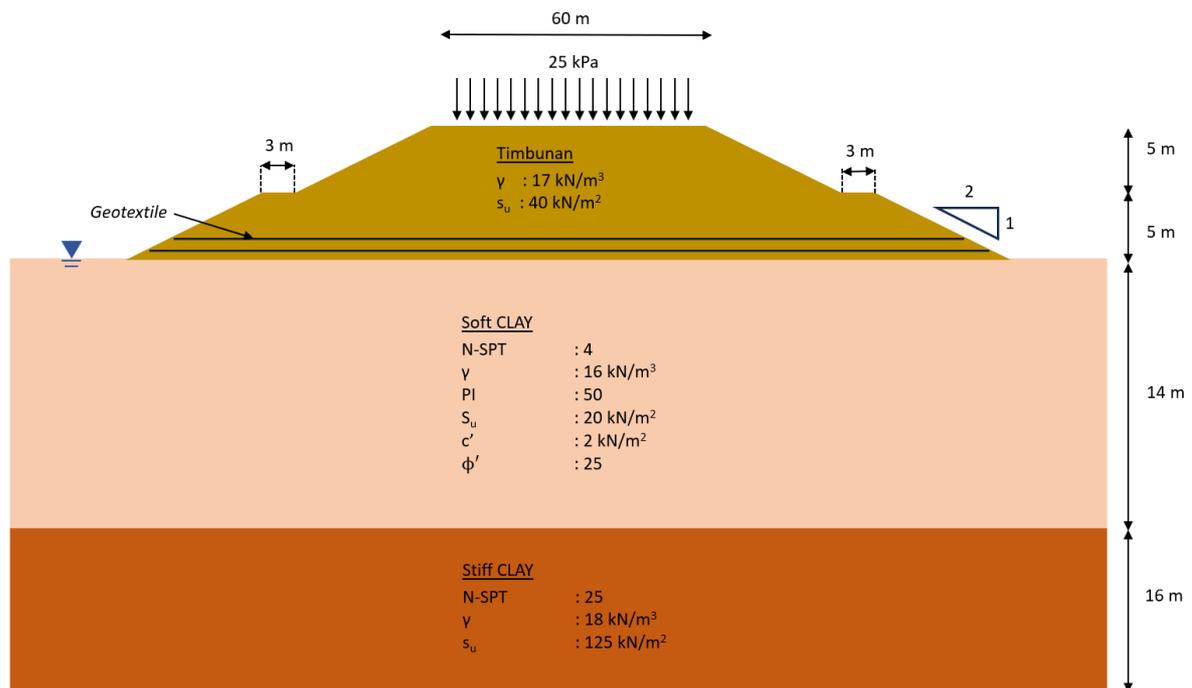
Tabel 2 Parameter Geotekstil

Keterangan	Kuat Tarik (kN/m)	Elongasi (%)	EA (kN/m)
Geotextile	400	10	4000

Geotextile digunakan untuk memberikan perkuatan dengan mengandalkan kuat tarik. Saat kekuatan tarik bekerja, maka akan berdeformasi dan mengalami perpanjangan/elongasi seperti pada Tabel 2. Parameter tersebut diperlukan saat memodelkan *geotextile* pada PLAXIS 2D.

Ilustrasi pemodelan dapat dilihat pada Gambar 1 dimana ketebalan tanah dasar sebesar 30 m. Penimbunan dilakukan bertahap hingga ketinggian mencapai 10 m dengan lebar jalan 60 meter. Kemiringan lereng timbunan diambil sebesar 2H : 1V.

Analisis Stabilitas Jangka Pendek dan Jangka Panjang Timbunan Tanah Lunak Menggunakan Tipe Drainase Undrained A dan Undrained B pada Metode Elemen Hingga Plaxis 2d



Gambar 1 Ilustrasi Pemodelan

Pembebanan yang digunakan selama kondisi layan menggunakan kelas jalan I sebesar 25 kPa. Nilai tersebut diambil berdasarkan SNI 8460:2017 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas
Sumber: SNI 8460:2017

Kelas Jalan	Beban lalu lintas (kPa)	Beban di luar jalan (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

Analisis jangka panjang pada pemodelan dengan tipe drainase *Undrained A* menggunakan konsolidasi pada PLAXIS 2D melalui pengaturan *Calculation Type* berupa *Consolidation* dan *Loading Type* berupa *Degree of Conslidiation* mencapai 90.00%. Analisis jangka panjang pada pemodelan dengan tipe drainase *Undrained B* akan digunakan *Calculation Type* berupa *Plastic* dengan pembaruan parameter input tanah kekuatan geser niralir (s_u) pada tiap tahap penimbunan. Nilai pembaruan akan ditentukan dengan pertimbangan nilai kenaikan kekuatan tanah melalui perhitungan oleh Han (2015).

Pada studi ini, digunakan percepatan gempa pada batuan dasar (PGA) di Kota Makassar sebesar 0.051g yang ditentukan berdasarkan aplikasi LINI. Berdasarkan profil tanah yang digunakan, kondisi kelas situs yang diperoleh adalah SE sehingga nilai faktor

amplifikasi (F_{PGA}) menurut SNI 8460:2017 adalah sebesar 2.5. Nilai percepatan gempa pada permukaan tanah (PGA_m) dapat ditentukan dengan mengalikan PGA dan F_{PGA} dan didapatkan sebesar 0.1275g. Nilai koefisien pseudostatik (k_h) diambil sebesar 50% dari PGA_m dan diperoleh sebesar 0.06375g.

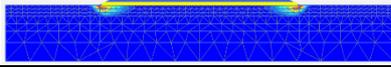
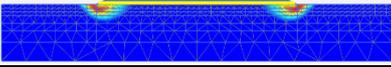
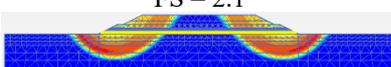
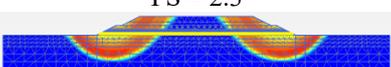
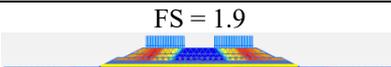
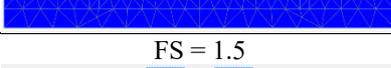
HASIL DAN PEMAHASAN

Analisis Tahapan Konstruksi Timbunan dengan Tipe Drainase *Undrained A*

Analisis stabilitas dengan tipe drainase *Undrained A* ditujukan untuk menentukan nilai faktor keamanan pada setiap tahapan timbunan, kondisi layan, dan kondisi gempa dengan peningkatan kuat geser tanahnya ditentukan dari hasil tahapan konsolidasi pada PLAXIS 2D saat proses penimbunan.

Terdapat tiga tahap penimbunan yaitu: 5 m, 2 m, dan 3 m. Tabulasi dari faktor keamanan dan bidang runtuh pada masing-masing tahap, baik konstruksi, layan, maupun gempa terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil analisis stabilitas timbunan dengan tipe drainase *Undrained A*

Tahapan/Kondisi	Faktor Keamanan dan Bidang Runtuh	
	Kondisi Seketika	Kondisi Pasca Konsolidasi 90%
Penimbunan Tahap 1 (5m)	FS = 1.6 	FS = 2.8 
Penimbunan Tahap 2 (2m)	FS = 2.5 	FS = 2.7 
Penimbunan Tahap 3 (3m)	FS = 2.1 	FS = 2.3 
Kondisi Layan	FS = 1.9 	-
Kondisi Gempa	FS = 1.5 	-

Analisis Stabilitas Timbunan dengan Tipe Drainase *Undrained B*

Analisis stabilitas dengan tipe drainase *Undrained B* ditujukan untuk menentukan nilai faktor keamanan pada setiap tahapan timbunan, kondisi layan, dan kondisi gempa dengan mempertimbangkan peningkatan kuat geser tanah yang telah ditentukan berdasarkan persamaan yang diajukan oleh Han (2015). Tahapan konstruksi yang digunakan sama seperti yang telah ditentukan pada pemodelan dengan tipe drainase *Undrained A*.

Pada pemodelan dengan tipe drainase *Undrained B*, profil tanah lunak dibagi menjadi 5 lapisan dengan ketebalan masing-masing lapisan tersebut ditentukan dengan

Analisis Stabilitas Jangka Pendek dan Jangka Panjang Timbunan Tanah Lunak Menggunakan Tipe Drainase Undrained A dan Undrained B pada Metode Elemen Hingga Plaxis 2d

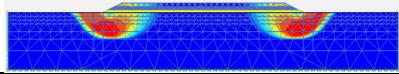
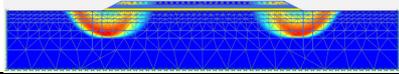
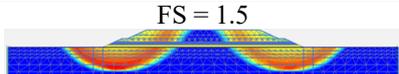
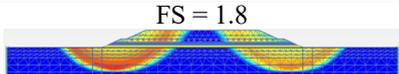
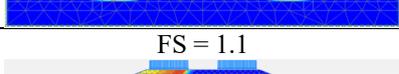
mempertimbangkan proporsionalitas peningkatan kuat geser pasca konsolidasi terhadap pertambahan tegangan yang terjadi akibat penimbunan.

Peningkatan kuat geser pada masing-masing lapisan tanah lunak ditabulasikan pada Tabel 5, sedangkan nilai faktor keamanan dan bidang runtuh pada masing-masing tahapan terdapat pada Tabel 6.

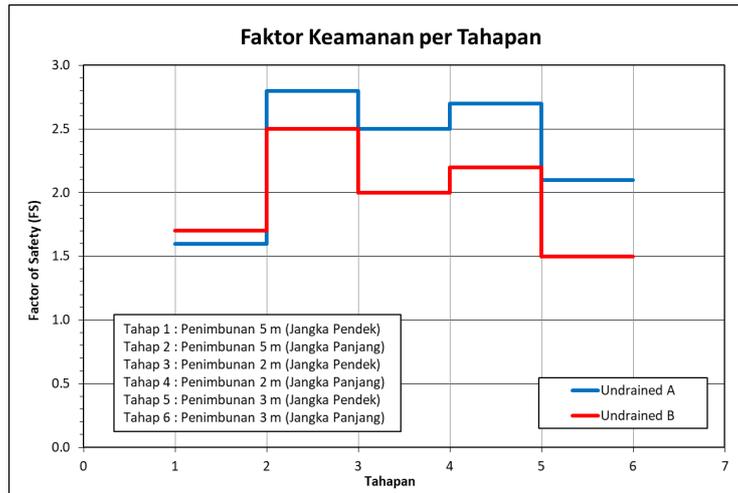
Tabel 5 Peningkatan kuat geser tanah lunak berdasarkan persamaan Han (2015)

Lapis Tanah Lunak	Kedalaman (m)	Kondisi Awal s_u (kPa)	Tahapan Penimbunan								
			Tahap 1: 5m			Tahap 2: 2m			Tahap 3: 3m		
			$\Delta\sigma_v$ (kPa)	Δs_u (kPa)	$\Delta\sigma_v$ (kPa)	Δs_u (kPa)	Δs_u (kPa)	s_{u2} (kPa)	$\Delta\sigma_v$ (kPa)	Δs_u (kPa)	s_{u3} (kPa)
#1	0-2	20	83.0	18.7	38.7	33.2	9.3	48.0	49.8	12.1	60.1
#2	2-4	20	78.8	17.7	37.7	31.5	8.9	46.6	47.3	11.5	58.1
#3	4-6	20	74.7	16.8	36.8	29.9	8.4	45.2	44.8	10.9	56.1
#4	6-10	20	68.1	15.3	35.3	27.2	7.7	43.0	40.9	10.0	52.9
#5	10-14	20	58.3	13.1	33.1	23.3	6.6	39.7	35.0	8.5	48.2

Tabel 6 Hasil analisis stabilitas timbunan dengan tipe drainase *Undrained B*

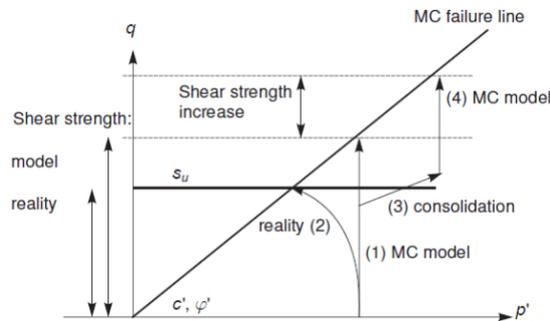
Tahapan/Kondisi	Faktor Keamanan dan Bidang Runtuh	
	Kondisi Seketika	Kondisi Pasca Konsolidasi 90%
Penimbunan Tahap 1 (5m)	FS = 1.7 	FS = 2.5 
Penimbunan Tahap 2 (2m)	FS = 2.0 	FS = 2.2 
Penimbunan Tahap 3 (3m)	FS = 1.5 	FS = 1.8 
Kondisi Layan	FS = 1.5 	-
Kondisi Gempa	FS = 1.1 	-

Komparasi Stabilitas dengan Tipe Drainase *Undrained A* dan *Undrained B*



Gambar 2 Komparasi Stabilitas *Undrained A* dan *Undrained B*

Berdasarkan perbandingan faktor keamanan sepanjang tahapan konstruksi pada Gambar 2, dapat diamati bahwa pada tahap awal penimbunan, nilai faktor keamanan yang dihasilkan adalah keduanya mendekati yaitu 1.6 dengan menggunakan *Undrained A* dan 1.7 dengan menggunakan *Undrained B*. Setelah tanah mengalami konsolidasi, terdapat perbedaan nilai faktor keamanan dimana pada *Undrained A* diperoleh sebesar 2.8, sedangkan pada *Undrained B* diperoleh sebesar 2.5. Sepanjang konstruksi penimbunan bertahap hingga kondisi gempu, faktor keamanan pada model *Undrained A* cenderung lebih besar dibandingkan *Undrained B* dengan kisaran 10 - 28%.

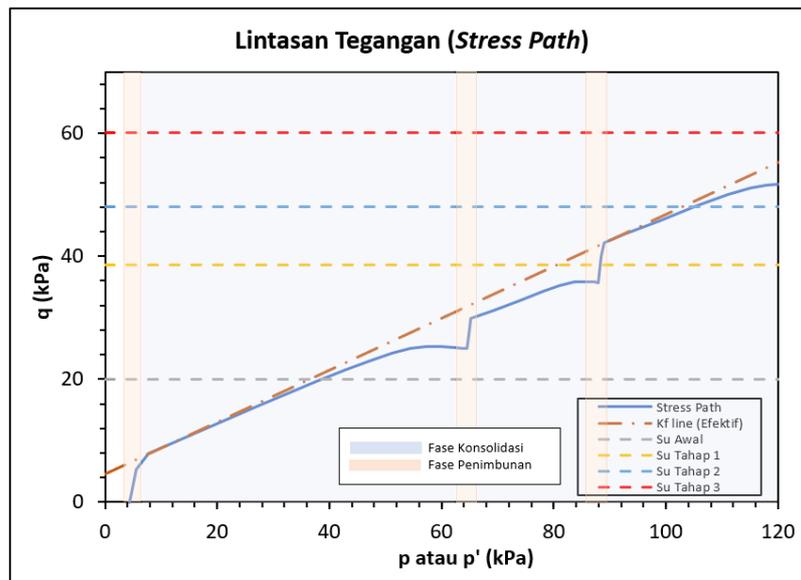


Gambar 3 Ilustrasi Stress Path Realita dan Model M-C
sumber: Material Models Manual PLAXIS 2D

Perbedaan faktor keamanan antara *Undrained A* dan *Undrained B* dapat terjadi akibat perbedaan definisi kriteria keruntuhan serta perbedaan lintasan tegangan yang dimodelkan oleh model konstitutif Mohr-Coulomb dengan lintasan tegangan yang sebenarnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Melalui ilustrasi tersebut, dapat diamati bahwa perilaku lintasan tegangan yang dimodelkan oleh model konstitutif Mohr-Coulomb membentuk garis vertikal sedangkan lintasan tegangan yang sebenarnya membentuk lengkungan akibat terjadinya peningkatan tegangan air pori berlebih.

Definisi faktor keamanan pada kriteria keruntuhan tipe drainase *Undrained A* dapat diartikan sebagai perbedaan antara tegangan deviatorik rata-rata yang terjadi terhadap

tahanan deviatorik rata-rata untuk nilai tegangan vertikal rata-rata yang sama, sedangkan pada *Undrained B* faktor keamanan didefinisikan sebagai perbedaan antara tegangan deviatorik rata-rata yang terjadi terhadap tahanan geser *undrained*. Sebagai ilustrasi pertambahan faktor keamanan akibat konsolidasi, Gambar 4 merupakan ilustrasi lintasan tegangan pada kedalaman 1 m sepanjang tahapan prapembebanan.



Gambar 4 Ilustrasi Lintasan Tegangan Elv. -1 m Tahap Prapembebanan

Berdasarkan pembahasan tersebut, dapat dipahami bahwa pemodelan stabilitas timbunan menggunakan *Undrained A* harus berhati-hati karena dapat menghasilkan nilai faktor keamanan yang lebih besar dari seharusnya karena menggunakan tahanan geser dari tegangan efektif yang terjadi sebagai acuan perhitungan dibandingkan menggunakan kuat geser *undrained*. Parameter yang digunakan pada *Undrained A* merupakan parameter efektif yang cenderung sulit untuk didapatkan secara akurat pada pengujian laboratorium karena sulit untuk memprediksi perilaku tegangan air pori berlebih yang dapat terjadi sepanjang konstruksi. Jika digunakan *Undrained A* pada pemodelan, maka parameter efektif yang diperoleh harus diverifikasi dengan membandingkan nilai kuat geser *undrained* dari uji triaksial CU dan uji triaksial UU. Jika diperoleh kuat geser *undrained* yang serupa, maka parameter efektif dapat digunakan dalam pemodelan.

Perbedaan nilai faktor keamanan juga disebabkan karena perbedaan metode untuk mendapatkan peningkatan kuat geser. Peningkatan kuat geser *undrained* pada tipe drainase *Undrained A* diperoleh secara kualitatif dengan mempertimbangkan posisi lintasan tegangan terhadap kriteria keruntuhan, sedangkan pada *Undrained B* diperoleh secara kuantitatif dari rumus Han (2015). Untuk memastikan kebenaran perhitungan peningkatan kuat geser pada *Undrained B*, maka perlu dilakukan kalibrasi terhadap koefisien peningkatan tegangan yang diperoleh dari sudut geser *undrained* pada uji triaksial CU. Sebagai referensi, menurut Han (2015) nilai dari koefisien tersebut berkisar antara 0.2 hingga 0.3.

KESIMPULAN

Nilai faktor keamanan pemodelan dengan menggunakan tipe drainase *Undrained A* menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan penggunaan tipe drainase *Undrained B* sepanjang tahapan prapembebanan, kondisi layan, dan kondisi gempa.

Perbedaan nilai faktor keamanan dapat diakibatkan oleh perbedaan definisi kriteria keruntuhan serta perbedaan lintasan tegangan yang dimodelkan oleh model konstitutif Mohr-Coulomb dengan lintasan tegangan yang sebenarnya. Pada tipe drainase *Undrained A* faktor keamanan ditentukan sebagai perbedaan antara tegangan deviatorik rata-rata yang terjadi terhadap tahanan deviatorik rata-rata untuk nilai tegangan vertikal rata-rata yang sama, sedangkan pada *Undrained B* faktor keamanan didefinisikan sebagai perbedaan antara tegangan deviatorik rata-rata yang terjadi terhadap tahanan geser *undrained*.

Perbedaan faktor keamanan antara tipe drainase *Undrained A* dan *Undrained B* juga dapat disebabkan oleh perbedaan dalam metode peningkatan kuat geser akibat konsolidasi. Pada tipe drainase *Undrained A*, peningkatan kuat geser ditentukan secara kualitatif dengan mempertimbangkan posisi lintasan tegangan terhadap kriteria keruntuhan sedangkan pada tipe drainase *Undrained B* ditentukan secara kuantitatif menggunakan metode perhitungan *gain strength* oleh Han, Jie (2015).

Pemodelan stabilitas timbunan dengan menggunakan tipe drainase *Undrained A* dapat menghasilkan nilai faktor keamanan yang lebih besar dari seharusnya karena menggunakan tahanan geser dari tegangan efektif yang terjadi sebagai acuan perhitungan ketimbang dibandingkan menggunakan kuat geser *undrained*. Untuk menghasilkan perhitungan yang akurat, dibutuhkan verifikasi parameter efektif yang digunakan dengan nilai kuat geser *undrained* dari uji triaksial CU dan uji triaksial UU.

BLIBLIOGRAFI

- Desiani, A. (2018). Kompresibilitas tanah organik. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 26–44.
- Hamdani, A. T. (2019). *Analisis Stabilitas Timbunan Jalan Di Atas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Sheet Pile Dan Geotekstil (Studi kasus: tol Balikpapan–Samarinda seksi V. STA. 9+ 726 s/d STA. 9+ 926)*.
- Han, H., & Yoon, H. J. (2015). Hotel customers' environmentally responsible behavioral intention: Impact of key constructs on decision in green consumerism. *International Journal of Hospitality Management*, 45, 22–33.
- Ir Lusmeilia Afriani, D. E. A. (2020). *Kerawanan Longsor pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya*. Penerbit Lakeisha.

Analisis Stabilitas Jangka Pendek dan Jangka Panjang Timbunan Tanah Lunak Menggunakan Tipe Drainase Undrained A dan Undrained B pada Metode Elemen Hingga Plaxis 2d

- Jaya, M. A. (2017). *Konstruksi Bronjong Sebagai Alternatif Penanganan Longsor di Daerah PLTA WAY Semangka Desa Sidomulyo Kecamatan Semaka Kabupaten Tanggamus*.
- Listyawan, A. B., & Syahputra, A. R. (2020). *Perilaku Konsolidasi Tanah Lempung dengan Kolom Pecahan Beton sebagai Drainase Vertikal*.
- Lubis, M. K. Z. (2018). *Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan*.
- Pramulandani, A. (2020). *Ta: Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga (Plaxis 2d) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung)*.
- Putra, R. M. (2021). *TA: Studi Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Tiang Bor Dalam Penanggulangan Longsoran Jalan (Studi Kasus: Longsoran Jalan Pada Ruas Bogor-Cianjur STA 17+ 950) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional)*.
- Rakhman, I. A. (2021). *Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan Diatas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Geotekstil*.
- Saragi, Y., Bernandus, R., & Sidabutar, R. A. (2023). Korelasi Nilai Hambatan Konus Terhadap Parameter Rembesan Dalam Aplikasinya Pada Dinding Penahan Tanah. *Sprocket Journal Of Mechanical Engineering*, 4(2), 151–160.
- Sungkar, M., & Munirwan, R. P. (2020). Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop dan Perkuatan Sheet Pile. *Journal of The Civil Engineering Student*, 2(3), 309–315.
- Wibowo, A. H. (2022). *Stabilisasi Lereng Metode Soil Nailing di Ruas Jalan Giriwoyo-Glonggong KM. SKA. 81+ 200 (KAB. Wonogiri) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia))*.
- Yakin, Y. A., Pratiwi, D. S., & Gazali, A. G. (2022). Analisis Pengaruh Lapisan Saproliite pada Timbunan di Atas Tanah Lunak Menggunakan Metode Numerik (PLAXIS 2D). *Jurnal Serambi Engineering*, 7(3).

Copyright Holder:
Nama Author (2023)

First publication right:

[Syntax Idea](#)

This article is licensed under:

