

Analisis perbandingan nilai keamanan lereng dengan menggunakan Slope/W dan SLIDE pada proyek pertambangan PT Cipta Kridatama Site Jambi

Bagus Sadewa¹, Ektorik Dimas², Anisa Nur Amalina^{1,*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Mine Geotechnical PT Cipta Kridatama, Jambi, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Safety Factor
Slope/W
Slide
Geostudio
Rocscience
Fellenius
Ordinary

Abstract

This research aims to conduct a comparative analysis of slope stability using two prominent geotechnical software programs, GeoStudio and Rocscience, within the context of the Cipta Kridatama mining project located in Jambi, Indonesia. The primary focus of this study is to evaluate the safety factor of the slope, which is critical for ensuring the stability and safety of mining operations.

The analysis employs the Fellenius (Ordinary) method, a widely recognized approach for assessing slope stability. Key geotechnical parameters are considered in this study, including soil cohesion (c), internal friction angle (ϕ), unit weight of soil (γ), slope height (H), and slope angle (α). Additionally, the groundwater level is assumed to be at the slope surface, which is a crucial factor influencing the stability of the slope. The slope object under review is a single cross-section of a slope located at the PT Cipta Kridatama mining project, Jambi site. Analysis results indicate that both software programs show high consistency (very small or comparable differences) for each inter-ramp: inter-ramp 1 with a difference of 0.006, inter-ramp 2 with a difference of 0.011, and inter-ramp 3 with a difference of 0.018. However, the most significant difference is observed in the overall slope analysis, where Slope/W yielded an SF of 1.477, while SLIDE produced an SF of 1.307, resulting in a difference of 0.170. The selection of appropriate software in mining projects and a thorough understanding of the analytical differences between the two software programs are crucial for informed decision-making in slope design and risk mitigation, ensuring more responsible open-pit mining operations, particularly at the PT Cipta Kridatama, Jambi site.

Corresponding Author:

Anisa Nur Amalina
anisa.amalina@uii.ac.id

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Kestabilan lereng merupakan salah satu aspek krusial dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek pertambangan terbuka. Lereng yang tidak stabil dapat menimbulkan risiko besar berupa longsor, kerusakan infrastruktur, kecelakaan kerja, dan kerugian finansial yang

signifikan. Oleh karena itu, penentuan nilai keamanan lereng secara akurat dan tepat sangat dibutuhkan guna mendukung keputusan desain dan mitigasi yang efektif.

Dalam konteks pertambangan, nilai keamanan lereng diukur untuk memastikan bahwa lereng dapat menahan beban yang diterapkan tanpa

mengalami kegagalan. Berbagai metode dan perangkat lunak telah dikembangkan untuk membantu insinyur geoteknik dalam melakukan analisis kestabilan lereng. Dua *software* yang banyak digunakan dalam praktik rekayasa geoteknik di antaranya adalah *GeoStudio* dan *Rocscience*. *GeoStudio*, dengan Slope/W menggunakan pendekatan metode keseimbangan batas (*limit equilibrium*) dalam menghitung nilai keamanan lereng (SF) dengan mempertimbangkan berbagai kondisi lapangan, seperti karakteristik tanah, pengaruh air tanah, serta distribusi tegangan pada bidang gelincir (Fredlund & Krahn, 1977). Sementara itu, *Rocscience* melalui *software* SLIDE menggunakan metode *Fellenius/Ordinary* yang menjadi salah satu metode yang banyak digunakan dalam analisis kestabilan lereng karena kemampuannya untuk memberikan hasil yang andal dan akurat untuk kasus-kasus lereng homogen tanpa interaksi irisan (Hammah, dkk. (2005). Perbedaan utama antara kedua *software* tersebut terletak pada asumsi distribusi tegangan antar irisan dan pendekatan matematis dalam menyelesaikan persamaan keseimbangan gaya dan momen. Hasil studi menunjukkan bahwa meskipun menggunakan data input yang sama, nilai keamanan (SF) yang dihasilkan dapat sedikit berbeda tergantung pada metode dan *software* yang digunakan (Zhang dkk., 2016).

Penelitian oleh Liu dkk. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan *software* geoteknik dapat meningkatkan akurasi dalam analisis stabilitas lereng, yang pada gilirannya dapat mengurangi risiko kegagalan. Meskipun kedua *software* ini telah terbukti efektif dalam analisis kestabilan lereng, masing-masing memiliki pendekatan komputasi dan asumsi teknis yang berbeda. Perbedaan ini dapat menghasilkan nilai keamanan lereng yang bervariasi, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keputusan desain dan strategi mitigasi risiko. Analisis stabilitas lereng merupakan aspek kritis dalam perencanaan dan operasional tambang terbuka, mengingat

potensi risiko longsor yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, kelangsungan produksi, serta lingkungan sekitar (Sari & Prabowo, 2020).

Smith & Brown (2019) dalam studi yang dilakukan di Australia juga meneliti bahwa kedua *software* memberikan hasil yang relatif sebanding, meskipun dengan variasi kecil dalam nilai faktor keamanan. Mereka menyarankan agar kedua *software* digunakan secara bersamaan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih komprehensif dan valid. Selain itu, Johnson (2020) menekankan perlunya kalibrasi model dengan data lapangan untuk meningkatkan akurasi hasil analisis, karena perbedaan asumsi matematis dalam setiap *software* dapat mempengaruhi interpretasi stabilitas lereng secara keseluruhan.

Penelitian lebih lanjut juga, Lee & Kim (2022) dalam penelitiannya di Korea Selatan menemukan bahwa Slope/W lebih efektif dalam kondisi jenuh, sedangkan SLIDE memberikan hasil yang lebih stabil dalam kondisi kering. Studi ini semakin memperkuat hipotesis bahwa pemilihan *software* harus didasarkan pada karakteristik parameter lapisan tanah dan geometri lereng.

Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis perbandingan antara kedua *software* tersebut guna mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing analisis perhitungan *software* serta kesesuaian penggunaannya pada proyek pertambangan secara spesifik, seperti pada proyek pertambangan PT Cipta Kridatama di Jambi yang memiliki karakteristik geologi dan lereng yang unik, dengan variasi jenis tanah dan kondisi air tanah yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis perbandingan nilai keamanan lereng (SF) dengan menggunakan *GeoStudio* melalui Slope/W dan *Rocscience* melalui SLIDE berdasarkan kondisi lapangan dan parameter-parameter yang tersedia pada proyek pertambangan tersebut. Dengan

menggunakan data geoteknik yang akurat, analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang komprehensif bagi para praktisi geoteknik dan perusahaan sebagai pengambil keputusan dalam memilih metode analisis yang tepat untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional tambang. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk praktik terbaik dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek pertambangan di Indonesia.

Metode Penelitian

Analisis pada penelitian ini menggunakan metode *Fellenius/Ordinary* yang digunakan untuk mencari nilai keamanan lereng (SF) pada proyek pertambangan PT Cipta Kridatama, *site* Jambi dengan lokasi atau objek penelitian yaitu menggunakan data-data tanah dan geometri lereng berdasarkan 1 potongan lereng yang berada pada bagian utara, *central* PIT proyek pertambangan PT Cipta Kridatama, *site* Jambi seperti pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 1. Peta Proyek Pertambangan PT Cipta Kridatama Site Jambi



Gambar 2. Lokasi/Area Tinjauan Penelitian (Bagian Utara, *Central PIT*)



Gambar 3. *Geotechnical Map of Concern Area/Geotechnical Hazard Map*

Adapun langkah-langkah dari pelaksanaan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur yang bertujuan mencari kebaruan dari penelitian, seperti jurnal, buku, artikel, dan sebagainya. Adapun bahan studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah dalam kurun waktu 10

tahun terakhir. Hal ini agar mendapatkan referensi yang lebih optimal ataupun relevan dengan aturan-aturan yang baru untuk memaksimalkan penelitian berdasarkan dari studi literatur yang ada.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan beberapa data yang sesuai dengan kondisi lereng yang ada di *site*

proyek pertambangan PT Cipta Kridatama, Jambi. Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data primer yang berasal dari hasil pengukuran geometri lereng dan data-data tanah yang telah dilakukan oleh PT Cipta Kridatama. Adapun proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data-data geoteknik yang relevan untuk menganalisis nilai keamanan lereng (SF), antara lain:

Input :

- a. Data tanah yang terdiri dari:
 - 1) Data kohesi tanah (c);
 - 2) Sudut geser dalam (ϕ);
 - 3) Berat volume tanah (γ).
 - b. Topografi lereng yang terdiri dari:
 - 1) Ketinggian lereng (H);
 - 2) Sudut kemiringan lereng (α).
 - c. Stratigrafi lereng (lapisan lereng).
- Output :* Nilai keamanan lereng (SF)

3. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan *software GeoStudio* melalui Slope/W dan *software Rocscience* melalui SLIDE untuk analisis dan memberikan gambaran bidang gelincir dengan memasukkan data-data input geometri lereng dari parameter-parameter data yang tersedia dengan menggunakan metode analisis stabilitas lereng (metode *Fellenius/Ordinary*).

4. Pembahasan dan Kesimpulan

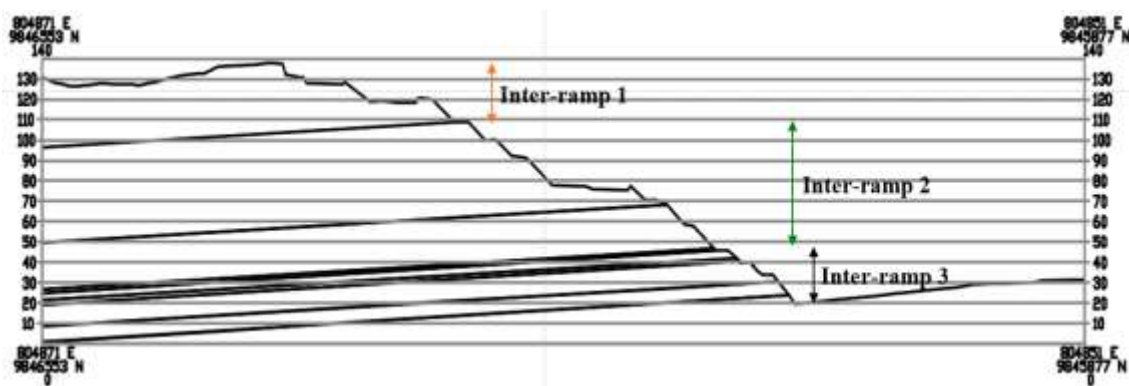
Hasil analisis yang telah diperoleh kemudian dilakukan pembahasan deskriptif. Hasil analisis dari kedua *software* tersebut kemudian dibandingkan, sehingga didapatkan kesimpulan atas penelitian ini sesuai hasil dari masing-masing *software* yang nantinya akan digunakan dalam pengambilan keputusan terkait nilai keamanan lereng yang digunakan.

Hasil dan Pembahasan

Setelah lokasi tinjauan penelitian didapatkan berdasarkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 di atas, dari kontur dibuat potongan penampang seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 4. Kontur Proyek Pertambangan PT CK



Gambar 5. Potongan Penampang Lereng pada Lokasi yang Ditinjau

Setelah gambar potongan penampang lereng dibuat, data-data parameter tanah kemudian di *input* ke dalam masing-masing *software* dengan menggunakan metode

Fellenius/Ordinary. Adapun untuk parameter-parameter tanah dari data lereng yang tersedia pada lokasi tinjauan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Data-Data Tanah di Lokasi Tinjauan Proyek Pertambangan PT Cipta Kridatama

Stratigrafi	Batas Jenjang/Inter- Ramp (m)	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)	H (m)	MAT (m)
Sub-Soil	Inter Ramp 1 (131 - 110)	17,33	4,3	26	34,4205	28,80
Sand-Stone	Inter Ramp 2 (110 - 46)	22	70,14	31,43	71,3744	62,80
Mud-Stone		22	76,50	32,5	71,3744	62,80
Coal 100		22	176,67	31,67	71,3744	62,80
Coal 200/300	Inter Ramp 3 (46 - 0)	12	176,67	31,67	24,9944	25,95
Interburden		22	72	30	24,9944	25,95

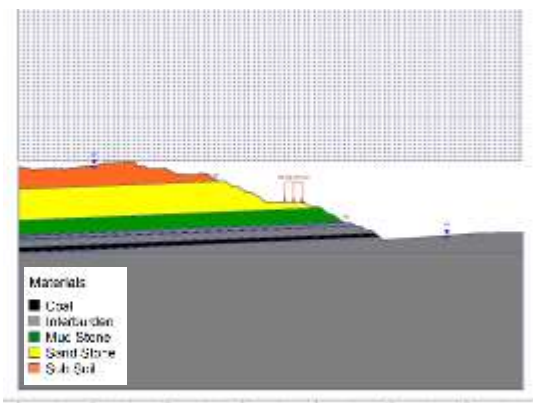
Adapun tambahan *input* data pada lereng tersebut di kedua *software* sebagai berikut.

1. Beban merata (q) = 58,5 kN/m² (HD Truck 777 class)
2. Muka air tanah (MAT) = berada di permukaan tanah (kondisi PWP: *piezometric surfaces*)

Hasil dari semua *input* data-data parameter tanah pada kedua *software* dapat dilihat seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Bentuk Analisis Lereng di *GeoStudio*



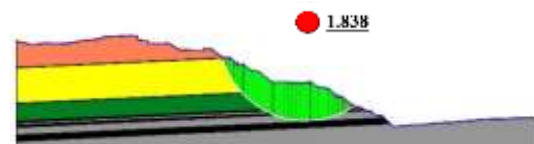
Gambar 7. Bentuk Analisis Lereng di *Rocscience*

Hasil Analisis Nilai Keamanan Lereng dengan Slope/W Melalui Pendekatan Metode *Fellenius/Ordinary*

Hasil analisis nilai keamanan lereng (SF) *software GeoStudio* dengan Slope/W melalui pendekatan metode *Fellenius/Ordinary* menghasilkan 4 nilai keamanan lereng pada masing-masing inter-ramp antara lain inter-ramp 1,2,3 dan global yang dapat dilihat seperti pada Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11 sebagai berikut.



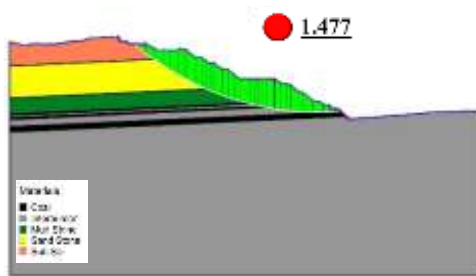
Gambar 8. SF pada Inter-Ramp 1 Slope/W



Gambar 9. SF pada Inter-Ramp 2 Slope/W



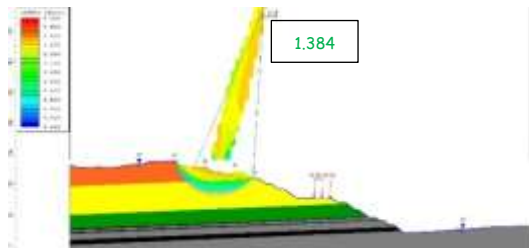
Gambar 10. SF pada Inter-Ramp 3 Slope/W



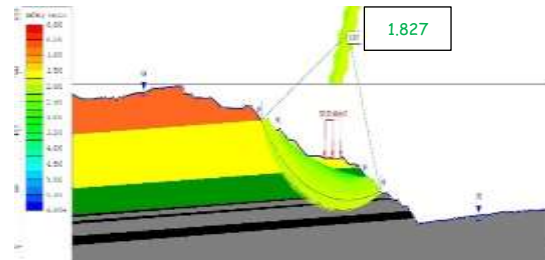
Gambar 11. SF Global Slope/W

Hasil Analisis Nilai Keamanan Lereng dengan SLIDE Melalui Pendekatan Metode Fellenius/Ordinary

Hasil analisis nilai keamanan lereng (SF) *software Rocscience* dengan SLIDE melalui pendekatan metode *Fellenius/Ordinary* menghasilkan 4 nilai keamanan lereng pada masing-masing inter-ramp antara lain inter-ramp 1,2,3 dan global yang dapat dilihat seperti pada Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14 dan Gambar 15 sebagai berikut.



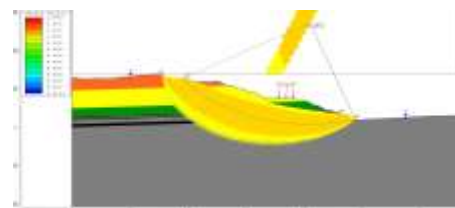
Gambar 12. SF pada Inter-Ramp 1 SLIDE



Gambar 13. SF pada Inter-Ramp 2 SLIDE



Gambar 14. SF pada Inter-Ramp 3 SLIDE



Gambar 15. SF Global SLIDE

Adapun rekapitulasi perbandingan hasil dari analisis nilai keamanan lereng (SF) menggunakan metode *Fellenius/Ordinary* dengan kedua *software* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan Slope/W dan SLIDE

Batas Jenjang	Nilai Keamanan Lereng		
	<i>Slope/W</i>	<i>Slide</i>	Selisih
Inter-Ramp 1	1.378	<u>1.384</u>	0.006
Inter-Ramp 2	<u>1.838</u>	1.827	0.011
Inter-Ramp 3	<u>3.130</u>	3.112	0.018
Global	<u>1.477</u>	1.307	0.170

Kesimpulan

Penelitian ini melakukan analisis perbandingan nilai keamanan lereng (SF) dengan menggunakan dua *software* geoteknik, yaitu *GeoStudio* melalui Slope/W dan *Rocscience* melalui SLIDE, pada lokasi tinjauan yaitu 1 potongan penampang lereng yang berada di proyek pertambangan PT Cipta Kridatama, *site* Jambi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua *software* memberikan konsistensi hasil yang tinggi (perbedaan yang sangat kecil atau sebanding) untuk masing-masing inter-ramp, yakni inter-ramp 1 dengan selisih 0.006, inter-ramp 2 dengan selisih 0.011, dan inter-ramp 3 dengan selisih 0.018. Sedangkan, terdapat perbedaan yang paling signifikan dapat dilihat pada analisis lereng global (*overall slope*), dimana Slope/W menghasilkan SF sebesar 1.477, sementara SLIDE menghasilkan SF sebesar 1.307, yang menghasilkan perbedaan sebesar 0.170.

Perbedaan ini dapat dimungkinkan oleh algoritma *critical slip surfaces* kedua *software* menggunakan algoritma untuk mencari ribuan kemungkinan bidang gelincir (lingkaran untuk metode *Fellenius/Ordinary*) dan menentukan SF terendahnya. Algoritma pada SLIDE menemukan bidang gelincir yang jauh lebih kritis (lemah) yang mungkin tidak terdeteksi oleh algoritma pencarian pada Slope/W. Kemudian, dapat juga dimungkinkan oleh distribusi tekanan air pori (*pore water pressure*) dimana MAT dianggap berada di permukaan tanah yang berarti lereng dalam kondisi jenuh (*saturated*) yang memungkinkan mengurangi tegangan efektif pada bidang gelincir, yang secara tidak langsung dapat menurunkan kuat geser tanah (*shear strength*). Kemungkinan selanjutnya dapat disebabkan oleh analisis stratigrafi multi-lapis (gabungan dari beberapa inter-ramp untuk mencari SF global) memungkinkan analisis geometri lereng yang lebih besar dan berlapis bisa berbeda.

Akan tetapi, kedua *software* tetap memberikan hasil analisis nilai keamanan lereng (SF) yang aman dan stabil pada kondisi MAT yang dianggap berada di permukaan sekalipun (tanah kondisi jenuh air/*fully saturated soil*) dan semua analisis SF melebihi syarat atau standar minimum yang umumnya digunakan untuk lereng pertambangan yaitu 1.1 – 1.3. PT Cipta Kridatama, *site* Jambi sendiri menggunakan nilai SF syarat yakni sebesar 1.25.

Sehingga nantinya dengan analisis yang dihasilkan, dapat disesuaikan dengan karakteristik geologi dan kondisi lapangan yang spesifik berdasarkan pengujian laboratorium dan penelitian lanjutan oleh tim *geotechnical engineering* dalam penentuan target SF yang digunakan dalam proyek pertambangan.

Selain pemilihan *software* yang tepat, pemahaman yang mendalam mengenai perbedaan hasil analisis dari kedua *software* juga sangat penting untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam desain lereng dan strategi mitigasi risiko. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan metodologi analisis yang lebih baik untuk digunakan di masa depan demi keberlangsungan proyek pertambangan terbuka yang lebih bertanggung jawab, terutama di PT Cipta Kridatama, *site* Jambi.

Daftar Pustaka

- Fredlund, D. G., & Krahn, J. (1977). Comparison of slope stability methods of analysis. *Canadian Geotechnical Journal*, 14(3), 429–439. <https://doi.org/10.1139/t77-045>
- GeoStudio. (2023). *SLOPE/W Engineering Methodology*. Retrieved from <https://www.geostudio.com/software/slopew>
- Hammah, R. E., Yacoub, T. E., Curran, J. H., & Stewart, B. (2005). The shear strength reduction method for the generalized Hoek-Brown criterion. *Proceedings of the 40th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS)*

- Hardiyatmo, H.C. (Oktober 2008). Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya Perancangan dan Aplikasi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. ISBN 979-420-688-1. Retrieved from <http://www.gmup.ugm.ac.id>
- Hardiyatmo, H.C. (Oktober 2010). Mekanika Tanah 2 Edisi Kelima. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan. ISBN 979-420-736- Retrieved from <http://www.gmup.ugm.ac.id>
- Rocscience Inc. (2023). *Slide: 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis*. Retrieved from <https://www.rocscience.com/software/slide>
- Sari, D., & Prabowo, A. (2020). *Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan GeoStudio dan Rocscience di Tambang Sumatera*. Jurnal Teknik Geoteknik.
- Smith, J., & Brown, L. (2019). *Comparative Study of Slope Stability Software in Open Pit Mining: Australian Case Studies*. *International Journal of Mining Engineering*, 34(2), 89–101.
- Zhang, Y., Liu, H., & Wang, S. (2016). Comparative study of slope stability analysis using limit equilibrium and finite element methods. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* 21(12), 123–132.