Volume 4 | Nomor 1 | Maret 2018

RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil
Insitut Teknologi Nasional
Bandung

ISSN: 2477-2569

Jurusan Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional Bandung

ISSN: 2477-2569

RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil

Struktur | Transportasi | Geoteknik | Teknik Sumber Daya Air | Manajemen Rekayasa Konstruksi

RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil

RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil dengan ISSN 2477-2569 diterbitkan 4 (empat) kali dalam satu tahun pada bulan Maret, Juni, September, dan Desember. Jurnal ini berisi tulisan yang diangkat dari hasil penelitian dan kajian analisis di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya pada Teknik Sipil, yaitu Transportasi, Struktur, Geoteknik, Manajemen Konstruksi dan Teknik Sumber Daya Air. Tulisan yang masuk ke redaksi diseleksi dengan sistem *peer-review* untuk menjaga obyektivitas sekaligus membuka kesempatan bagi setiap orang, terlepas dari latar belakang pendidikan untuk dapat berkontribusi. Alamat *Digital Object Identifier* (DOI) RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil yang diterbitkan dari Crossref adalah http://dx.doi.org/10.26760/rekaracana, dan telah menggunakan *software* **Ithenticate** sebagai *Plagiarism Tool*.

SUSUNAN PENGELOLA

Penerbit

Program Studi Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung

Ketua Penyunting

Nur Laeli Hajati, S.T., M.T. (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Anggota Penyunting

Erma Desmaliana, S.T., M.T. (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Andrean Maulana, S.T., M.T. (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Desti Santi Pratiwi, S.T., M.T., (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Fransiska Yustiana, S.T., M.T., (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Aden Firdaus, S.T., M.Sc., (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Angga Marditama Sultan Sufanir, S.T., M.T., (Politeknik Negeri Bandung)

Muhammmad Rizki, S.T., M.T. (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Mitra Bestari dapat dilihat disini

Administrator : Suwarno

Jurusan Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional Bandung

ISSN: 2477-2569

RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil

Struktur | Transportasi | Geoteknik | Teknik Sumber Daya Air | Manajemen Rekayasa Konstruksi

Vol 4, No 1

Maret 2018

Daftar Isi

Artikel

Perkuatan Elemen Struktur Akibat Perubahan Fungsi Bangunan *Priskila Uli Fransiska Simarmata, Nur Laeli Hajati*	PDF 1
Analisis Pola Operasi Mempawah-Sanggau Kalimantan Barat *Muhammad Faishal, Sofyan Triana*	PDF 11
Kriteria Green Infrastructure dalam Penentuan Luas Stasiun Kereta Api *Nadia Ulfah, Sofyan Triana*	PDF 22
Kajian Tarif Kereta Api Penumpang Pontianak – Sanggau Kalimantan Barat *Azka Qonita Fotharani, Sofyan Triana*	PDF 33
Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC *Lucky Budiman, Silvia Sukirman*	PDF 45
Pengaruh Jumlah dan Diameter Helix terhadap Daya Dukung Fondasi Helical Pile *Seno Bayu Adji Fitriana, Indra Noer Hamdhan*	PDF 56
Analisis Vacuum Consolidation pada Perbaikan Tanah Lempung Lunak dengan Model Axisymmetric *Nadya Utami Rivanga, Indra Noer Hamdhan*	PDF 68
Pengaruh Tension Crack (Tegangan Retak) pada Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Metode Elemen Hingga *Frizkia Azifa Silmi, Indra Noer Hamdhan*	PDF 80
Evaluasi Stabilitas dan Penurunan antara Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan dengan Timbunan Pilihan pada Oprit Jembatan (Studi Kasus: Flyover Antapani, Kota Bandung) *Hamdan Atamini, Benny Moestofa*	PDF 90
Kajian Hidrodinamika bagi Pengembangan Budidaya Laut di Sekotong, Nusa Tenggara Barat *Ai Didih Hendrianti, Yessi Nirwana Kurniadi, Aida Heriati*	PDF 101
Kajian Ketersediaan Air di Sungai Cimande untuk Kebutuhan Air bagi Masyarakat di Kecamatan Cimanggung Sumedang *Moch Hanhan Hanafi, Yedida Yosananto*	PDF 112
Pengembangan Indikator Waste (Sampah) pada Penerapan Konsep Green Campus di Itenas *Satrio Triadi Agung Nugroho, Emma Akmalah, Siti Ainun*	PDF 122
Perhitungan Kebisingan pada Rumah Sakit dan Sekolah Akibat Arus Lalu Lintas di Jalan L.L. R.E. Martadinata Kota Bandung *Heru Sanjaya, Pertiwi Supriyani, Angga Marditama Sulton Sufanir*	PDF 133

ISSN (elektronik) : 2477-2569

diterbitkan oleh :

Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung

Alamat : Jl. PHH. Mustofa 23 Bandung 40124

Kontak : Tel. 7272215 (ext. 206) Fax. 7202892

© Jurusan Teknik Sipil Itenas | No. 1 | Vol. 4
Maret 2018

Pengaruh *Tension Crack* (Tegangan Retak) pada Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Metode Elemen Hingga

FRIZKIA AZIFA SILMI, INDRA NOER HAMDHAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: frizkiaas@gmail.com

ABSTRAK

Kondisi kemarau yang terus menerus menyebabkan kondisi lingkungan sekitar menjadi kekeringan. Jika hal tersebut terjadi pada tanah khususnya lereng maka akan menimbulkan tegangan retak dan memicu terjadinya kelongsoran. Pemodelan ini mengkolaborasikan antara kedalaman tegangan retak, posisi tegangan retak serta kemiringan lereng dengan kondisi tanah tidak jenuh air dan kondisi tanah jenuh air menggunakan PLAXIS 2D dengan metode elemen hingga. Dari hasil analisis diperoleh nilai faktor keamanan untuk kondisi tanah tidak jenuh air berada pada 1,6-1,8 dengan kondisi aman sedangkan untuk kondisi jenuh air untuk kemiringan 1:1 dibawah satu atau berada pada kondisi tidak aman, kemiringan 1:1,5 dan kemiringan 1:2 berada pada 1,4-1,5 dengan kondisi aman.

Kata kunci: *tegangan retak, lereng dan Metode Elemen Hingga*

ABSTRACT

Drought conditions that continue to cause environmental conditions become dry. If it happens to the ground especially the slope it will cause a Tension crack and trigger the occurrence of sliding. This model is collaborated among a depth of tension crack, position of tension crack and slope gradient with unsaturated soil condition and saturated soil condition using PLAXIS 2D with finite element method. The analysis result for the condition of unsaturated soil is at 1.6-1.8 with safe condition and for saturated soil condition for slope of 1: 1 under one or is in unsafe condition, slope of 1:1,5 and slope of 1:2 are at 1.4-1.5 with safe conditions.

Keyword: *tension crack, slope dan Finite Elemen Method*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara tropis, yang artinya hanya ada dua musim di negara tersebut. Musim tersebut adalah musim hujan dan musim kemarau. Musim kemarau itu adalah suatu musim dimana curah hujan per bulannya sangat rendah. Kondisi musim tersebut menyebabkan tanah dalam kondisi tidak jenuh atau tanah menjadi kering karena sedikitnya curah hujan yang diserap oleh tanah serta kondisi suhu udara pada musim tersebut cukup terik sehingga air yang menyerap ke dalam tanah mengalami penguapan. Jika musim kemarau terjadi berkepanjangan, seiring berjalannya waktu, kondisi tanah tersebut mengalami kekeringan yang nantinya tanah tersebut terancam mengalami *tension crack* (tegangan retak).

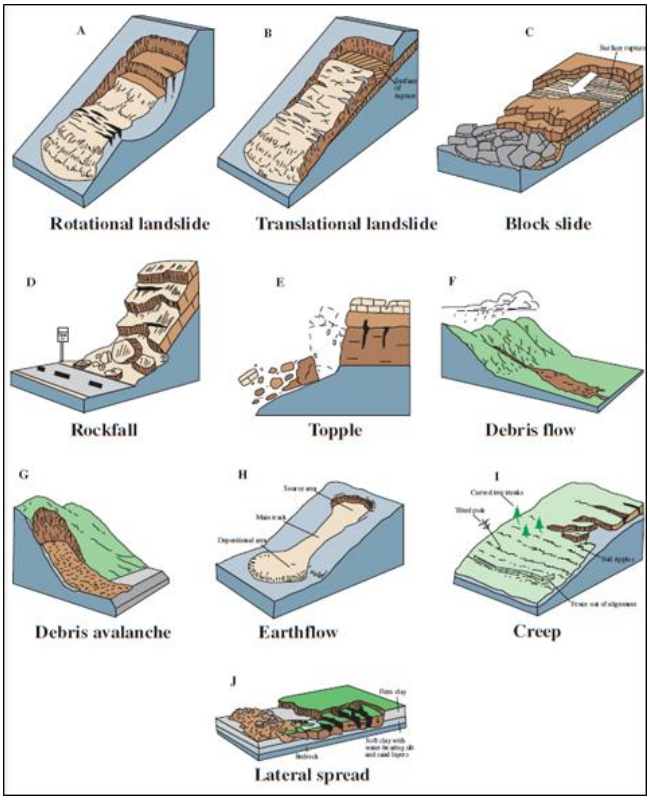
1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis stabilitas lereng pada kondisi tanah yang mengalami tegangan retak (*tension crack*) dengan berbagai macam kondisi dengan metode elemen hingga agar mengetahui kestabilan tanah tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis-jenis Gerakan Tanah dan Longsoran

Istilah "longsor" menggambarkan berbagai proses dalam menghasilkan gerakan ke bawah dan keluar dari material pembentuk lereng termasuk batu, tanah, pengisi buatan ataupun kombinasi dari ketiganya. Material memungkinkan untuk berpindah dengan cara runtuhan (*falling*), longsoran (*slides*), sebaran (*spreads*), atau aliran (*flowing*), pengelupasan (*topples*) dan sebaran lateral (*lateral speads*). Pada **Gambar 1** menunjukkan ilustrasi dari kelongsoran dengan terminologi yang diterima secara umum yang menjelaskan fitur-fiturnya.



Gambar 1. Jenis-jenis utama gerakan tanah longsor (Sumber: USGS, 2004)

2.2 Stabilitas Lereng

Lereng adalah massa tanah yang terletak dibawah permukaan tanah yang miring atau dibawah sisi miring, memiliki kecenderungan bergerak ke arah luar karena pengaruh gravitasi. Seandainya kecenderungan ini ditiadakan oleh tahanan geseran tanah, maka lereng berada dalam keadaan stabil. Pada kondisi sebaliknya penggelinciranlah yang terjadi. Oleh karena itu, teori kestabilan lereng dibutuhkan. Lereng dapat dikatakan stabil apabila nilai dari faktor keamanannya melebihi satu. Menurut Das (2010) faktor keamanan **Persamaan 1** didefinisikan sebagai:

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad \ldots(1)$$

halmana:

SF = angka keamanan terhadap kekuatan tanah,
τ_f = kekuatan geser rata-rata dari tanah [kN/m^2],
τ_d = tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor [kN/m^2].

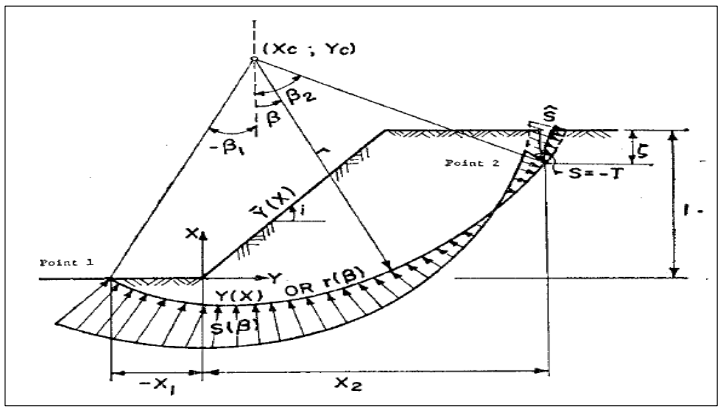
2.3 Efek Tegangan Retak (*Tension Crack*) pada Analisis Stabilitas

Retakan sering ditemukan di puncak lereng tanah dan batuan. Keberadaan retakan tersebut menunjukkan bahwa dalam zona tertentu, tegangan tarik melebihi kekuatan tarik (Baker, 1981). Efek dari tegangan retakan terhadap stabilitas lereng dibagi menjadi beberapa hal, diantaranya:

a. Kekuatan geser akibat lekatan dan gesekan tanah berkurang akibat adanya retakan.
b. Tekanan air yang bekerja pada permukaan retakan merupakan suatu kekuatan yang mendorong untuk terjadinya kelongsoran.
c. Air yang berada didalam celah retakan cenderung melunakkan tanah sehingga kekuatan tanah tersebut berkurang.

Oleh karena itu, sangat diharapkan untuk mampu meramalkan kedalaman dimana retakan itu akan muncul dan memperhitungkan efek stabilitasnya. Terutama, sangat penting untuk menentukan kondisi-kondisi dimana tidak ada retakan yang akan diharapkan untuk muncul, sekaligus menghindari efek pelunakan yang mana sulit untuk dianalisa secara kuantitatif. Lebih jauh lagi, saat kedalaman retakan diketahui, tidaklah sulit untuk membuat nilai yang tepat pada efek dari analisis stabilitas yang merupakan penentuan dari kedalaman retakan yang tetap menjadi rantai yang lemah dalam perhitungan stabilitas lereng **Gambar 2**. Kedalaman retakan **Persamaan 2** ini secara teori dapat didefinisikan:

$$z_c = \frac{2c}{\gamma}\, tan^2\left(45 + \frac{1}{2}\phi\right) \quad \ldots(2)$$



Gambar 2. Dasar ketentuan dan definisi dari *tension crack*
(Sumber: Baker, 1981)

halmana:
z_c = kedalaman tegangan retak [m],
c = kohesi [kN/m^2],
ϕ = sudut dari gesekan [°],
γ = berat isi dari tanah [kN/m^2].

2.4 Teori Mohr-Coulumb

Menurut Mohr (1900) dalam Das (2010) menyatakan bahwa keruntuhan material terjadi karena kombinasi kritis dari tegangan normal dan tegangan geser dan bukan hanya akibat tegangan normal atau tegangan geser dengan kondisi maksimum saja. Oleh karena itu, **Persamaan 3** hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser pada keruntuhan dapat dinyatakan dengan:

$$\tau = f(\sigma) \quad \text{...(3)}$$

Keruntuhan **Gambar 3** yang dinyatakan pada **Persamaan 4** berbentuk garis lengkung. Untuk berbagai macam permasalahan mekanika tanah, garis lengkung itu tidak efisien untuk perkiraan tegangan geser dalam keruntuhan sebagai fungsi persamaan garis lurus dari tegangan normal (Coulomb, 1776). Fungsi persamaan garis dapat ditulis dengan:

$$\tau = c + \sigma \tan\text{ø} \quad \text{...(4)}$$

halmana:
$f(\sigma)$ = fungsi terhadap tegangan normal [kN/m^2],
c = kohesi [kN/m^2],
ø = sudut dari gesekan internal [°],
σ = tegangan normal pada keruntuhan [kN/m^2],
τ = tegangan geser [kN/m^2].

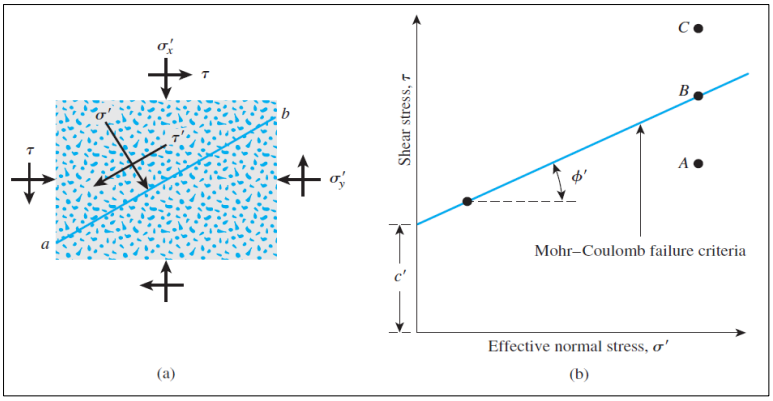
Persamaan diatas disebut kriteria kegagalan Mohr-Coulomb.
Pada tanah jenuh, total tegangan normal pada suatu titik **Persamaan 5** adalah jumlah dari tegangan efektif (σ') dan tekanan air pori (u), atau:

$$\sigma = \sigma' + u \quad \text{...(5)}$$

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb diekspresikan dalam tegangan geser dapat dinyatakan pada **Persamaan 6** dengan:

$$\tau = c' + \sigma' \tan\text{ø} \quad \text{...(6)}$$

halmana:
σ' = tegangan efektif pada keruntuhan [kN/m^2],
u = tegangan air pori pada keruntuhan [kN/m^2],
c' = kohesi [kN/m^2],
ø = sudut dari gesekan berdasarkan tegangan efektif [kN/m^2],
τ = tegangan geser [kN/m^2].



Gambar 3. Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (Sumber: Das, 2010)

2.5 *Finite Element Method* (FEM)

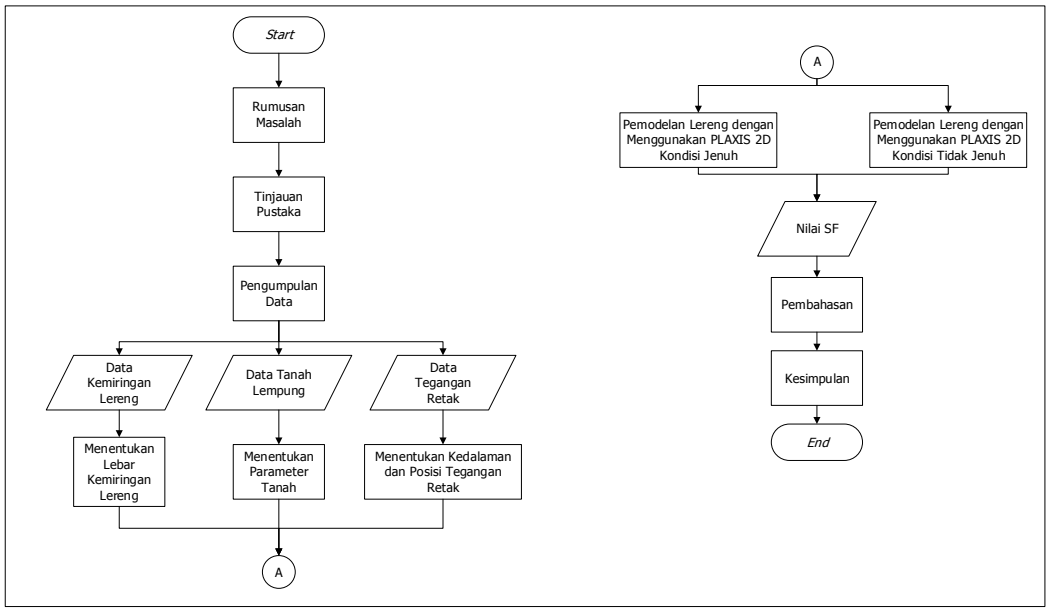
Faktor keamanan pada metode ini dapat diperoleh dari asumsi kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, yaitu dengan cara mengurangi parameter kekuatan secara bertahap berupa nilai-nilai $\phi_{available}$ dan $c_{available}$ hingga tidak terdapat keseimbangan dalam perhitungan. Parameter kekuatan yang sesuai dapat dinyatakan sebagai $\phi_{failure}$ dan $c_{failure}$ dan faktor keamanan η_{fe} (**Persamaan 7**) didefinisikan:

$$\eta_{fe} = \frac{c_{available}}{c_{failure}} = \frac{tan\emptyset_{available}}{tan\emptyset_{failure}} \quad ...(7)$$

halmana:

η_{fe} = angka keamanan terhadap kekuatan tanah,
$c_{available}$ = kohesi yang tersedia [kN/m^2],
$c_{failure}$ = kohesi terjadi keruntuhan [kN/m^2],
$tan\emptyset_{available}$ = nilai tan dari sudut gesekan yang tersedia [°],
$tan\emptyset_{failure}$ = nilai tan dari sudut gesekan terjadi keruntuhan [°].

3. METODE PENELITIAN



Gambar 4. *Flowchart* pemodelan analisis lereng menggunakan PLAXIS 2D

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Tanah

Berikut nilai parameter tanah lempung secara asumsi yang digunakan pada pemodelan:

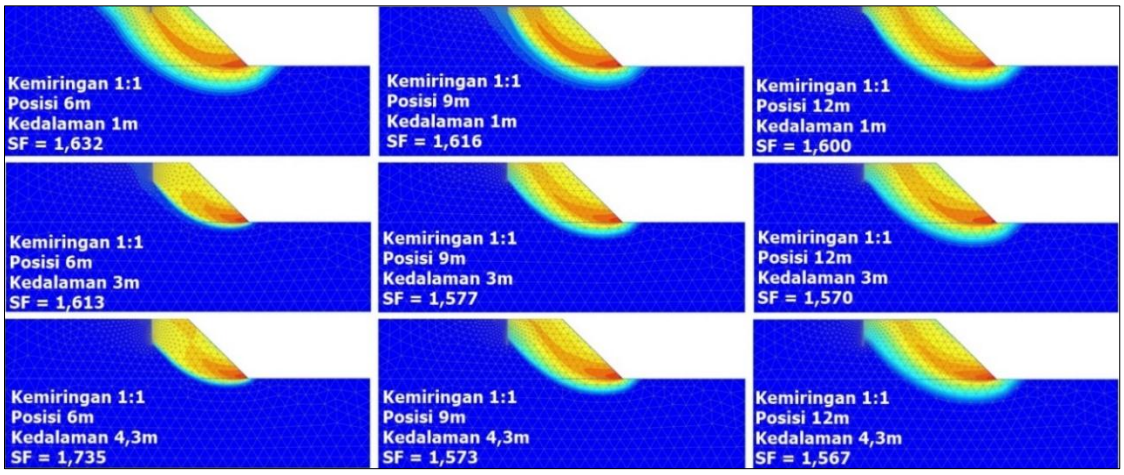
1. γ_{sat} = 20,0 [kN/m^3].
2. γ_{unsat} = 18,0 [kN/m^3].
3. c = 45,0 [kN/m^2].
4. ϕ = 5 [°].

4.2 Pemodelan Lereng

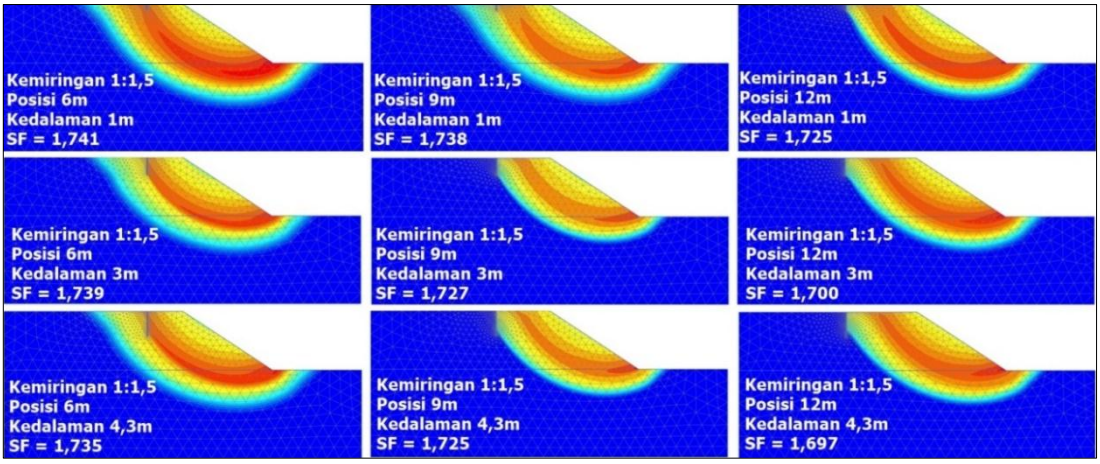
Pemodelan lereng ini dilakukan dengan berbagai macam kemiringan lereng diantaranya 1V: 1H, 1V:1,5H dan 1V:2H dimana ketinggian 10 meter dan lebar 10 meter, 15 meter dan 20 meter. Hal ini dilakukan dengan variasi titik tegangan retak (*tension crack*) pada posisi 6m, 9m dan 12m dari kemiringan lereng dengan mengasumsikan jenis tanah pada lereng adalah lempung kepasiran sedangkan untuk kedalaman tegangan retak sendiri yaitu 4,3m sesuai dengan kedalaman retakan secara teori dan sisanya yaitu asumsi sebesar 3m dan 1m.

4.3 Analisis Bentuk Keruntuhan Lereng pada Kondisi Tidak Jenuh

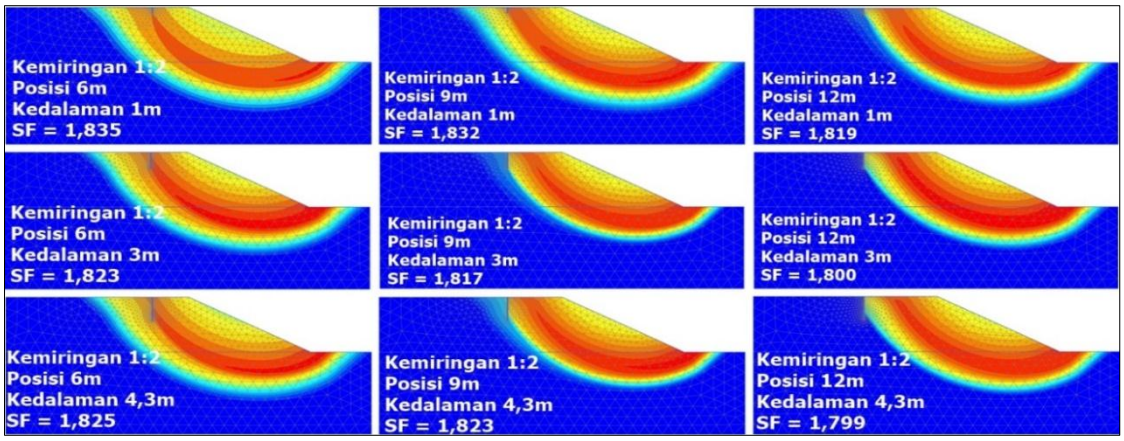
Saat meninjau kemiringan 1:1 yang ditunjukkan pada **Gambar 5** pengaruh tegangan retak pada bentuk keruntuhan hampir terjadi disemua posisi tegangan retak serta kedalaman kecuali pada saat posisi 6m dengan kedalaman 1m tidak memberikan pengaruh karena gaya-gaya (berat tanah) yang bekerja pada bidang keruntuhan lebih dominan dibandingkan berkurangnya kuat geser akibat adanya tegangan retak. Kemudian untuk kemiringan 1:1,5 **Gambar 6** dan kemiringan 1:2 **Gambar 7** tidak terjadi pengaruh tegangan retak (*tension crack*) bentuk keruntuhan pada saat kedalaman tegangan retak 1m posisi 6m dan 12m serta kedalaman 3m dan 4,3m posisi 6m sebab gaya yang melongsorkan dari tanah dipengaruhi oleh kemiringan lereng, posisi tegangan retak dan kedalaman tegangan retak. Hal itu dapat dilihat saat titik tinjauan terhadap seluruh kemiringan, dimana bentuk keruntuhan paling berpengaruh pada lereng yang semakin curam lalu saat posisi retakan semakin jauh dari puncak lereng dan saat kedalaman retakan semakin dalam. Berlaku pula untuk nilai faktor keamanan dimana dapat dilihat pada **Tabel 1** bahwa semakin jauh posisi tegangan retak, semakin dalam tegangan retak serta semakin curam tegangan retak maka nilai faktor keamanan dari lereng tersebut semakin kecil.



Gambar 5. Pemodelan kemiringan 1:1 saat kondisi tidak jenuh



Gambar 6. Pemodelan kemiringan 1:1,5 saat kondisi tidak jenuh



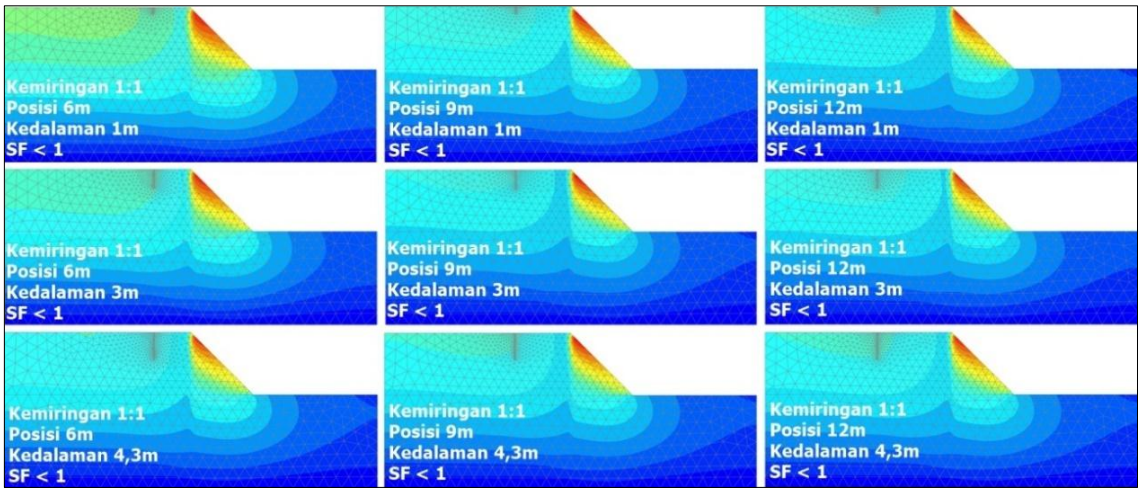
Gambar 7. Pemodelan kemiringan 1:2 saat kondisi tidak jenuh

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Kondisi Tidak Jenuh

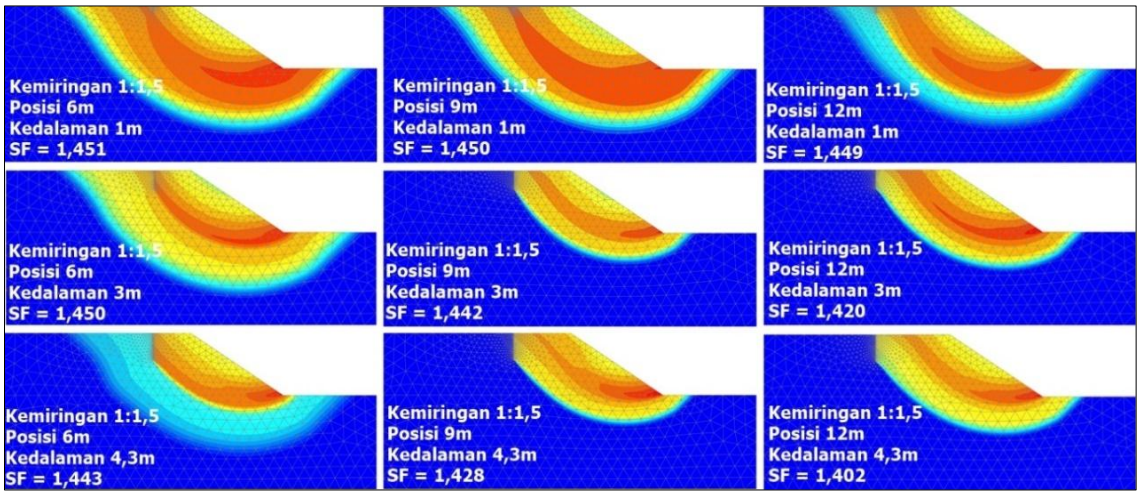
Pemodelan dengan Satu Kedalaman Tegangan retak Kondisi Tidak Jenuh			
Pemodelan	**Faktor Keamanan**		
Kemiringan 1:1			
	Posisi 6 m	Posisi 9 m	Posisi 12 m
kedalaman 1m	1,632	1,616	1,600
kedalaman 3m	1,613	1,577	1,570
kedalaman 4,3m	1,612	1,573	1,567
Kemiringan 1:1,5			
	Posisi 6 m	Posisi 9 m	Posisi 12 m
kedalaman 1m	1,741	1,738	1,725
kedalaman 3m	1,739	1,727	1,700
kedalaman 4,3m	1,735	1,725	1,697
Kemiringan 1:2			
	Posisi 6 m	Posisi 9 m	Posisi 12 m
kedalaman 1m	1,835	1,832	1,819
kedalaman 3m	1,823	1,817	1,800
kedalaman 4,3m	1,825	1,823	1,799

4.4 Analisis Bentuk Keruntuhan Lereng pada Kondisi Jenuh

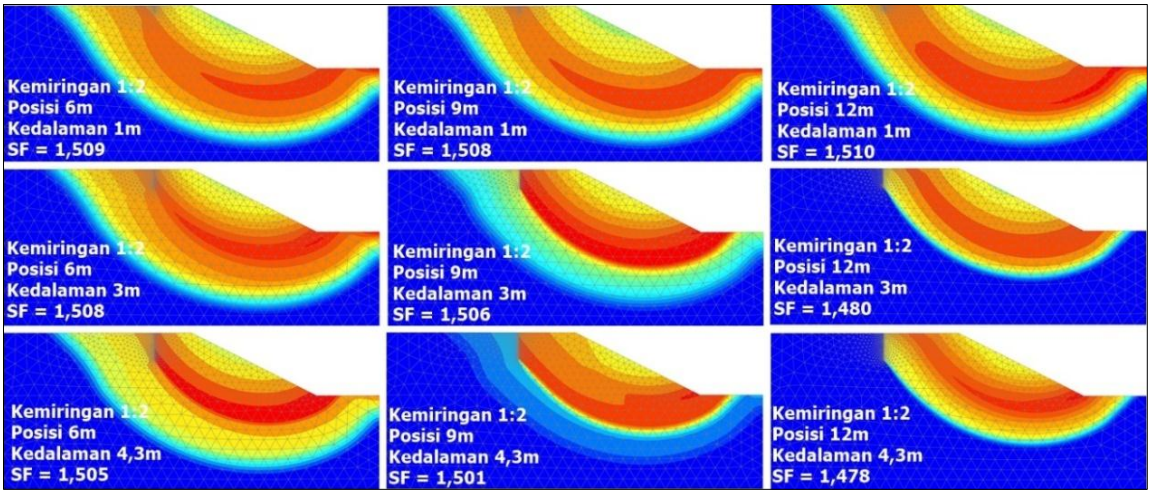
Gambar 8 menunjukkan bahwa tanah mengalami *collapse* atau terjadi kelongsoran sebab saat meninjau nilai faktor keamanan pada kemiringan 1:1 dengan kondisi jenuh nilainya berada dibawah satu sebelum terjadinya retakan akibat tegangan air pori yang bekerja pada lereng tersebut lebih besar dibandingkan kekuatan geser dari tanah. Lalu untuk kemiringan 1:1,5 **Gambar 9** dan kemiringan 1:2 **Gambar 10** dengan kondisi jenuh, bentuk keruntuhan terjadi pada posisi 9m dan 12m dengan kedalaman 3m dan 4,3m. Hal itu menunjukkan bahwa kuat geser yang bernilai nol pada tegangan retak memberikan pengaruh terhadap bentuk keruntuhannya serta tekanan hidrostatis yang bekerja pada lereng tersebut memberikan tegangan geser yang lebih besar. Sedangkan saat bentuk keruntuhan tidak terjadi pada tegangan retak maka keruntuhan tersebut disebabkan oleh tegangan air pori yang bekerja pada taha tersebut serta kemiringan lereng. Ketika meninjau nilai faktor keamanan **Tabel 2** pada lereng tersebut menunjukkan sama seperti kondisi lainnya, bahwa kemiringan lereng semakin curam, posisi tegangan retak semakin jauh dari lereng dan kedalaman tegangan retak semakin dalam menunjukkan bahwa semakin kecil nilai faktor keamanannya.



Gambar 8. Pemodelan kemiringan 1:1 saat kondisi jenuh



Gambar 9. Pemodelan kemiringan 1:1,5 saat kondisi jenuh



Gambar 10. Pemodelan kemiringan 1:2 saat kondisi jenuh

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Kondisi Jenuh

Pemodelan dengan Satu Kedalaman saat Kondisi Tidak Jenuh			
Pemodelan	**Faktor Keamanan**		
Kemiringan 1:1			
	Posisi 6 m	Posisi 9 m	Posisi 12 m
kedalaman 1m	< 1	< 1	< 1
kedalaman 3m	< 1	< 1	< 1
kedalaman 4,3m	< 1	< 1	< 1
Kemiringan 1:1,5			
	Posisi 6 m	Posisi 9 m	Posisi 12 m
kedalaman 1m	1,451	1,45	1,449
kedalaman 3m	1,450	1,442	1,420
kedalaman 4,3m	1,443	1,428	1,402
Kemiringan 1:2			
	Posisi 6 m	Posisi 9 m	Posisi 12 m
kedalaman 1m	1,509	1,508	1,510
kedalaman 3m	1,508	1,506	1,480
kedalaman 4,3m	1,505	1,501	1,478

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Saat setelah dilakukan analisis stabilitas lereng dengan pengaruh variasi kedalaman tegangan retak, variasi kemiringan tegangan retak serta variasi posisi tegangan retak untuk tiga kondisi pemodelan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

a. Semakin jauh posisi tegangan retak, semakin dalam tegangan retak serta semakin curam kemiringan lereng maka semakin kecil pula nilai faktor keamanan dari lereng tersebut.
b. Kondisi jenuh dan tidak jenuh pada pemodelan tersebut memberikan pengaruh terhadap nilai faktor keamanan.
c. Saat kondisi jenuh, nilai faktor keamanan lebih kecil dibandingkan dengan kondisi tidak jenuh.

d. Bentuk keruntuhan tepat terjadi pada tegangan retak secara berkesinambungan dipengaruhi oleh kedalaman tegangan retak, posisi tegangan retak serta kemiringan lereng.

5.2 Saran

Studi selanjutnya disarankan pemodelan atau analisis ini dilakukan menggunakan metode lain dan jika akan digunakan metode yang sama, disarankan untuk mencoba pemodelan menggunakan PLAXIS 3D sehingga dapat dilakukan perbandingan.

DAFTAR RUJUKAN

Baker, R. (1981). Tensile Strength, Tension Cracks, and Stability of Slopes. *SOILS AND FOUNDATION, 21*(2), 1-2.

Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering.* USA: Cengage Learning.

U.S. Geological Survey. (2004, Juli). *Landslide Types and Processes.* Dipetik Maret 4, 2017, dari USGS science for a changing world: https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/