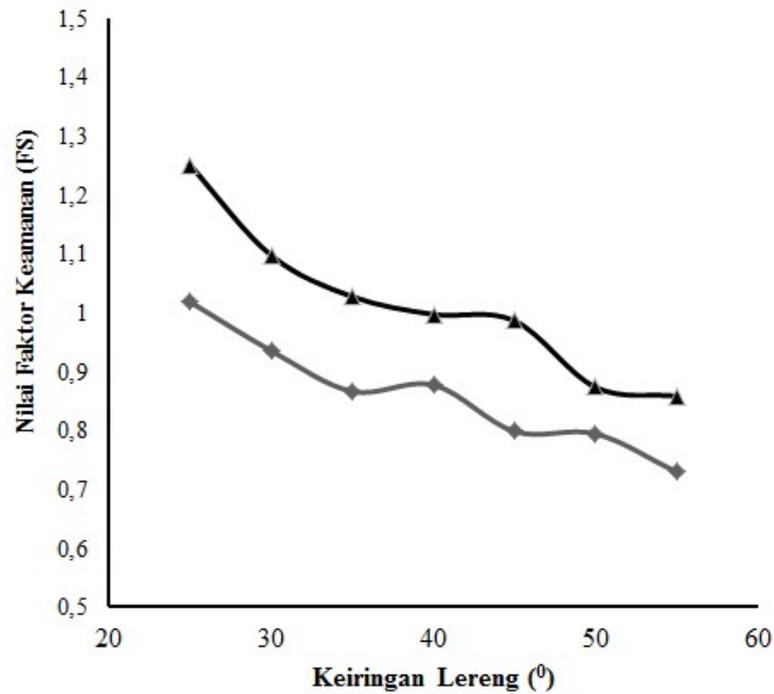


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

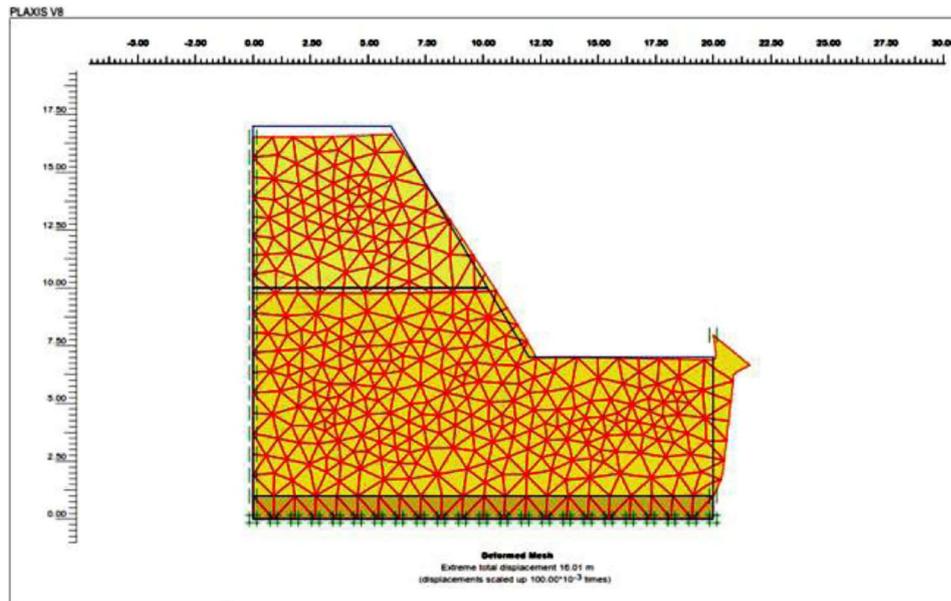
2.1. Penelitian Terdahulu

Nurhidayat dkk. (2016) melakukan analisis pengaruh tinggi muka air tanah terhadap faktor kestabilan lereng menggunakan aplikasi *SLOPE/W*. Penelitian ini dilakukan di Provinsi Sumatera Selatan di daerah Tambang Batu Bara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan sampel tanah dengan pengeboran geoteknik, dan pengujian sampel tanah dilakukan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik dari tanah dalam kondisi gempa dan dalam kondisi muka air tanah alami maupun kondisi *dewatering*. Berdasarkan hasil pengujian sampel tanah di laboratorium dimana tanah didapat dari hasil pengeboran di lapangan, litologi pada daerah penelitian didominasi oleh batu lempung dan batu pasir. Analisis kestabilan lereng dibuat dengan kondisi gempa (*seismic load*). Analisis kestabilan lereng ini berdasarkan pada keadaan muka air tanah dengan kedalaman 5 meter dan kondisi *dewatering* dengan kedalaman muka air tanah 1/3 dari tinggi lereng. Nilai RMR pada daerah penelitian berkisar dari 27-58 (*poor rock-fair rock*). Hasil dari analisis kestabilan lereng *highwall* dengan tinggi lereng *pit* 100 meter dengan kondisi muka air tanah alami diperoleh nilai faktor aman (FS) dari 0,729 sampai 1,018 yang artinya lereng berada pada kondisi labil pada semua kemiringan lereng (Gambar 2.1). Pada kondisi penurunan muka air tanah (*dewatering*) diperoleh faktor keamanan (FS) dari 0,858 sampai 1,250. Lereng ini berada pada kondisi kritis pada kemiringan lereng 25⁰-30⁰. Namun lereng berada dalam kondisi labil pada kemiringan lereng 30⁰-50⁰.



Gambar 2.1 Grafik perbandingan nilai FS dan kemiringan lereng
(Modifikasi Nurhidayat dkk., 2016)

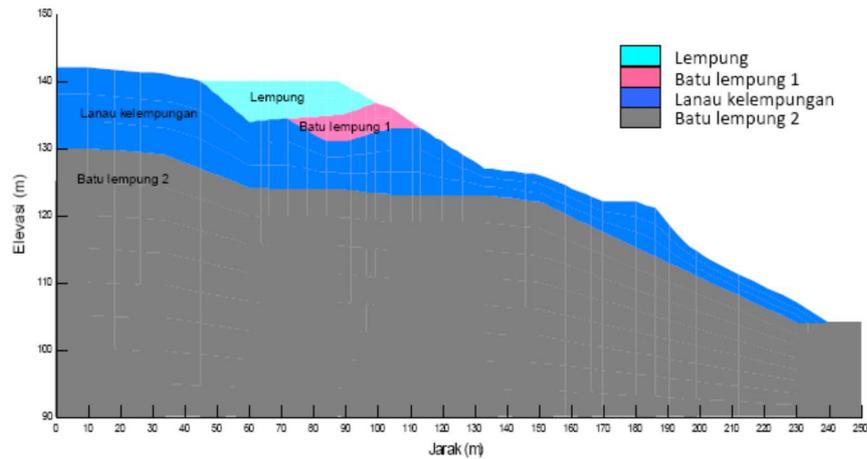
Analisis stabilitas lereng akibat hujan deras yang melanda di tepi ruas jalan Liwa -Simpang Gunung Kemala STA.263+650 Lampung telah dianalisis oleh Setyanto dkk. (2016) menggunakan Plaxis V.8.2. Ruas jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala terletak di wilayah TNBBS Lampung yang memiliki kondisi geografis yang terdiri dari perbukitan serta terdapat lereng dan jurang yang cukup tinggi, curam yang rawan mengalami kelongsoran akibat hujan deras. Model lereng yang dianalisis ditunjukkan pada Gambar 2.2. Metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan guna untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas pada lereng. Program ini merupakan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaringan elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi lereng yang akan dianalisis (Plaxis, 2012). Pada penelitian ini didapat hasil running dari plaxis seperti pada Gambar 2.8. Pada potongan lereng Gambar 2.3 deformasi yang terjadi sebesar 1601×10^{-3} m, semakin besar nilai deformasi maka kemungkinan terjadi kelongsoran semakin besar akibat deformasi tanah yang terjadi pada lereng



Gambar 2.3 Tampilan *Deformed Mesh*

(Setyanto dkk., 2016)

Perubahan tekanan air pori akibat hujan yang menyebabkan terjadinya longsor telah dianalisis oleh Subiyanti dkk. (2011) di saluran Induk Kalibawang khususnya di KM 15+9 dengan menggunakan aplikasi *SEEP/W* dan *SLOPE/W*. Gambar 2.2 menunjukkan profil lereng yang terdiri empat lapisan yang berbeda. Pemodelan dianalisis pada dua kondisi, yaitu : analisis *steady state* dan analisis *transient*. Kondisi *steady state* digunakan sebagai kondisi awal sedangkan analisis stabilitas lereng menggunakan nilai output dari *SEEP/W* dan dimasukkan kedalam *SLOPE/W* dengan ditambah parameter-parameter tanah hasil uji dari laboratorium. Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa hujan normal berdurasi panjang lebih berpengaruh terhadap perubahan tekanan air pori daripada hujan deras berdurasi pendek. Angka aman lereng sebelum hujan 1,444; angka aman akibat hujan 114 mm selama 4 jam sebesar 1,418; angka aman lereng akibat hujan 25 mm dan 40 mm sebesar 1,208; angka aman lereng akibat hujan 20 mm sebesar 0,982; angka aman lereng akibat hujan deras diikuti hujan normal sebesar 1,397; dan angka aman lereng akibat hujan normal diikuti hujan deras sebesar 1,402. Dari penelitian ini juga didapatkan hasil bahwa kondisi yang berpengaruh terhadap stabilitas lereng di lokasi penelitian tersebut adalah hujan normal dengan besar 20 mm dan berdurasi panjang.



Gambar 2.4 Profil lereng
(Subiyanti dkk., 2011)

Ward dkk. (1976) juga meneliti faktor pemicu terjadinya longsor pada suatu lereng. Faktor pemicu ini digunakan dalam menentukan penyebab terjadinya longsor. Hasil dari penelitiannya adalah tanah akan mengalami perubahan/pergerakan yang disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor vegetasi tanaman dan faktor hujan. Setelah mengetahui beberapa asumsi faktor penyebab terjadinya longsor, Ward dkk. (1979) membuat sebuah penelitian dengan meneliti sebuah lereng dan mempertimbangkan faktor vegetasi tanaman dan faktor hujan tersebut. Metode untuk membuat sebuah pemodelan longsor adalah dengan pendekatan geoteknik, yaitu mempertimbangkan keadaan alamiah dari sebuah lereng seperti kedalaman tanah, kedalaman muka air tanah, sudut gesek internal efektif tanah, kohesi efektif tanah, dan intensitas hujan. Hasil dari penelitian tersebut adalah ketika nilai faktor aman kecil dari 1,2, maka kemungkinan terjadinya longsor mencapai 60%. Tabel 2.1 menunjukkan klasifikasi nilai faktor aman terhadap kemungkinan terjadinya longsor

Tabel 2.1 Klasifikasi nilai faktor aman terhadap kemungkinan terjadinya longsor
(Ward dkk., 1979)

Klasifikasi	Potensi Longsor FS	Probabilitas
Tinggi	<1,2	>60%
Menengah	1,2 – 1,7	30% - 60%
Rendah	>1,7	< 30%

Hal yang tidak terlalu sama, tapi sedikit berbeda dengan nilai faktor aman terhadap kemungkinan terjadinya longsor Ward dkk. (1979) dalam buku Bowles (1984) apabila harga FS suatu lereng $> 1,25$, yang berarti gaya penahan lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut berada dalam keadaan stabil. Tetapi, jika nilai kestabilan lerengnya $1,07 < FS < 1,25$, maka lereng tersebut berada dalam keadaan kritis. Namun, bila nilai $FS < 1,07$, yang artinya gaya Penahan lebih kecil daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut berada dalam keadaan tidak stabil dan rawan terjadi longsor (Tabel 2.2).

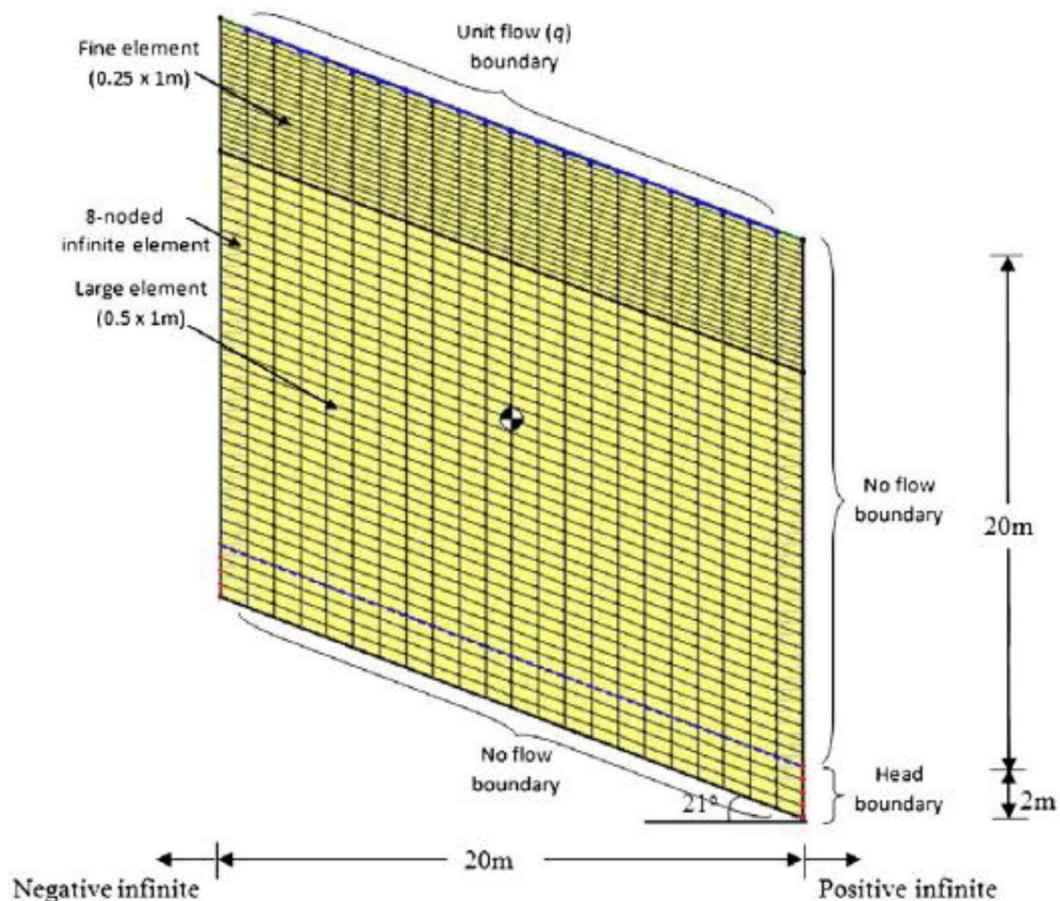
Tabel 2.2. Klasifikasi faktor keamanan (Bowles, 1984)

FS	Kondisi
$FS < 1,07$	Labil (Longsor biasa terjadi)
$1,07 < FS < 1,25$	Kritis (Longsor pernah terjadi)
$FS > 1,25$	Stabil (Longsor jarang terjadi)

Saputro (2014) telah melakukan penelitian tentang mekanisme pergerakan tanah akibat rembesan air hujan pada lereng di Kendungrong, Kalibawang, Kulon Progo menggunakan perangkat lunak *SEEP/W* Version 2007. Pada kasus ini tinggi permukaan air dimodelkan dengan kedalaman yang berbeda beda, tinggi permukaan air dianalisis pada kedalaman 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, dan 5 m. Penelitian ini menghasilkan tinggi permukaan air yang dianalisis pada kedalaman 1 meter lebih cepat jenuh dan berkurangnya nilai suction serta nilai kuat geser tanah juga berkurang karena terisinya pori-pori tanah oleh air. Dari penelitian ini juga diketahui bahwa kuat geser residu tanah lebih sesuai digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng daripada menggunakan parameter kuat geser puncak tanah, dan pemodelan dengan kedalaman muka air tanah $H_{w(\text{init})} = 1$ m menyebabkan tekanan air pori negatif berkurang sehingga terjadi penurunan tegangan geser.

Analisis stabilitas lereng akibat infiltrasi air hujan telah diteliti oleh Lee dkk. (2009). Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan model sederhana sebagai evaluasi awal keruntuhan pada lereng akibat curah hujan dengan bantuan aplikasi *SEEP/W*. Secara umum air hujan dapat meresap kedalam tanah dalam kondisi tidak jenuh, dan berlaku sebaliknya, jika tanah dalam kondisi jenuh/ *saturated* maka air tidak dapat meresap lagi. Gambar 2.3 menunjukkan kondisi lereng dan kondisi batas pada lereng yang dianalisis. Muka air tanah pada lereng berada pada

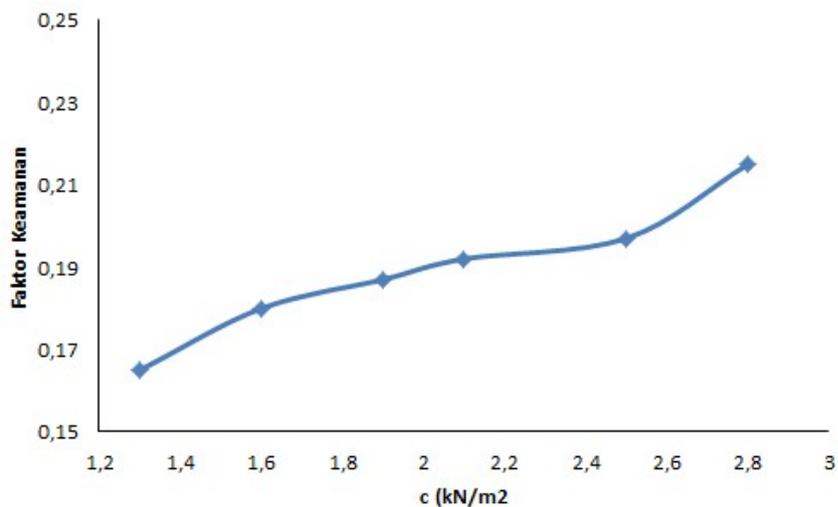
kedalaman 20 m. Lereng penelitian dimodelkan sebagai lereng tak-hingga dengan empat variasi tanah yang dievaluasi, yaitu : kerikil-berpasir, kerikil-berlanau, lanau-berpasir, dan lanau. Masing-masing jenis tanah ini memiliki koefisien permeabilitas jenuh yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini, tekanan air pori negative awal pada lereng dibatasi 10 kPa, 23 kPa, 30 kPa, dan 50 kPa. Masing-masing untuk kerikil-berpasir, kerikil-berlanau, lanau-berpasir, dan lanau. Pembatasan dilakukan karena jika menggunakan kondisi tekanan hidrostatik dari muka air tanah, kondisi awal tekanan air pori negatif mencapai 196,2 kPa.



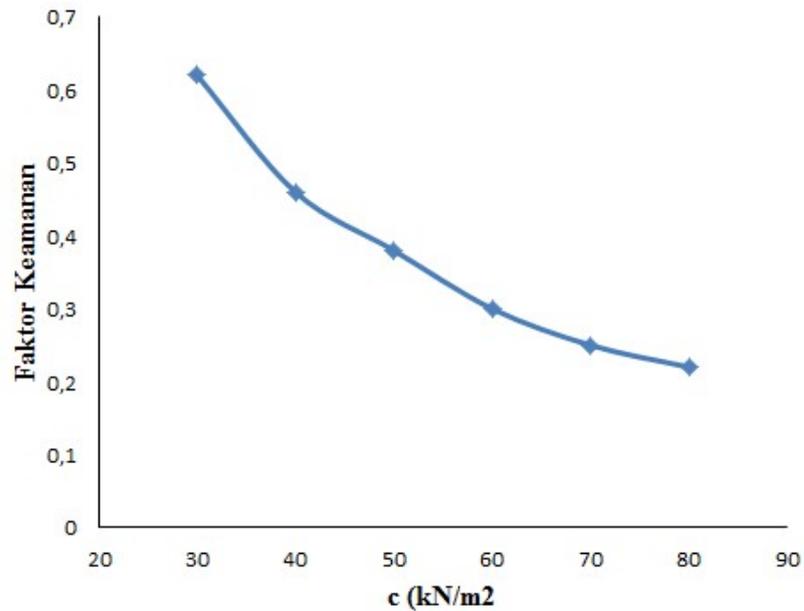
Gambar 2.5 Pemodelan lereng untuk analisis infiltrasi dan rembesan
(Lee dkk., 2009)

Kajian terhadap kestabilan lereng yang tidak stabil di Kawasan Citraland Manado telah dianalisis oleh Violetta dkk. (2016) menggunakan metode Fellenius. Kajian ini membahas tentang keamanan suatu lereng. Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser untuk

mempertahankan kestabilan lereng dan menghitung kekuatan geser yang menyebabkan kelongsoran kemudian keduanya dibandingkan. Dari perbandingan yang ada didapat nilai Faktor Keamanan yang merupakan nilai kestabilan lereng yang dinyatakan dalam angka. Dari penelitian ini didapatkan nilai hubungan antara nilai kohesi dan nilai faktor keamanan (Gambar 2.2) serta hubungan antara kemiringan lereng dengan nilai faktor aman lereng seperti pada Gambar 2.3. Dari analisis yang dilakukan di Kawasan Citraland Manado didapat nilai Faktor Keamanan yaitu 0,193 yang menunjukkan bahwa keadaan lereng tersebut tidak stabil. Kemudian dilakukan perbaikan dengan menggunakan soil nail. Soil nail adalah salah satu cara perbaikan lereng dengan cara memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Sehingga dapat diperoleh nilai Faktor Keamanan 1,926 yang menunjukkan kondisi lereng dalam keadaan stabil.



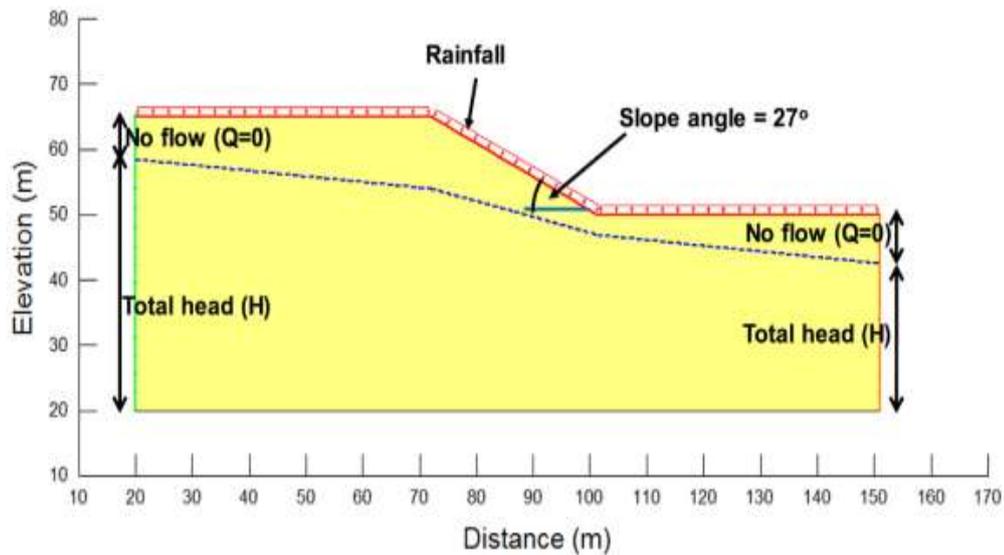
Gambar 2.6 Grafik Hubungan antara Faktor Keamanan dengan c
(Violetta dkk., 2016)



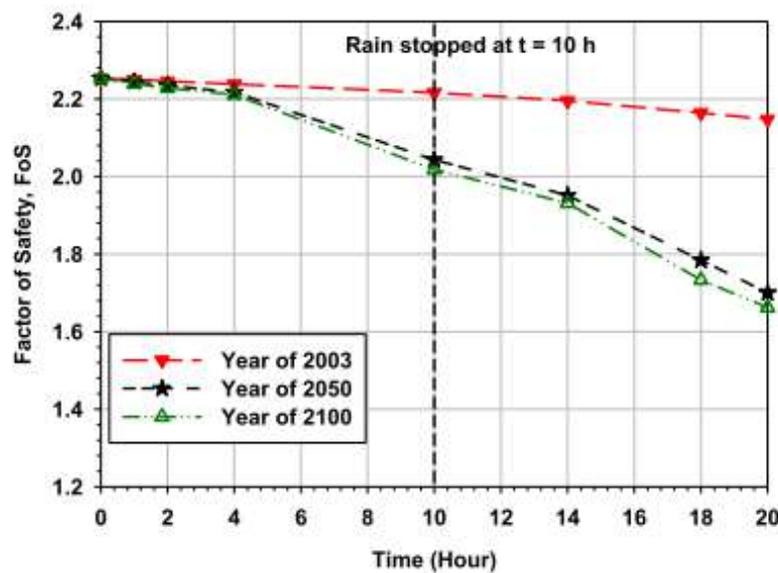
Gambar 2.7 Grafik hubungan antara faktor keamanan dengan sudut α
(Violetta dkk., 2016)

2.2. Pemodelan Numerik Menggunakan *SLOPE/W*

Geostudio merupakan perangkat lunak di bidang geoteknik yang dikembangkan dari Kanada. Rahardjo dkk. (2010) menggunakan *SLOPE/W* untuk membandingkan pengaruh posisi muka air tanah dengan analisis numerik pada kondisi yang berbeda, yaitu pada kondisi basah, setengah basah, dan kering dengan intensitas hujan yang berbeda-beda. Model lereng dan kondisi batasnya disajikan dalam gambar 2.4. Variasi faktor keamanan lereng dengan variasi kedalaman muka air tanah seperti disajikan pada gambar 2.5. Terjadi perbedaan variasi yang lebih besar antara periode basah dan kering akibat perubahan elevasi muka air tanah, tetapi perubahan faktor keamanan saat curah hujan tidak terpengaruh secara signifikan oleh muka air tanah dekat dengan permukaan tanah karena perubahan suction relatif lebih kecil. *Suction* yang relatif kecil karena tanah telah mencapai kapasitasnya untuk menerima *infiltrasi* air hujan dengan intensitas hujan yang lebih tinggi dari 22 mm/jam.



Gambar 2.8 Model lereng untuk studi parametrik
(Rahardjo dkk., 2010)



Gambar 2.9 Variasi nilai angka aman lereng
(Rahardjo dkk., 2010)

Penelitian terhadap parameter-parameter yang mempengaruhi stabilitas lereng tak jenuh air selama hujan telah dianalisis oleh Tsaparas dkk. (2002) dengan menggunakan aplikasi Geoslope. Dalam penelitian ini analisis infiltrasi dilakukan dengan berbagai kondisi hidrologi dengan menggunakan perangkat lunak *SEEP/W*. Sedangkan analisis stabilitas lereng dimodelkan dengan

SLOPE/W dan tekanan air porinya menggunakan hasil output dari *SEEP/W*. Ada tiga parameter yang digunakan dalam analisis, yaitu hujan kumulatif, koefisien permeabilitas tanah, dan kondisi awal tekanan air pori negatif. Model lereng yang dianalisis adalah lereng tanah residu disingapura. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa hujan dengan intensitas tinggi dengan durasi yang sangat singkat bukan salah satu faktor yang menghasilkan faktor aman lereng menjadi rendah. Koefisien permeabilitas tanah merupakan parameter yang menentukan infiltrasi tinggi ($k_{sat} = 10^{-4}$) tidak mempengaruhi jumlah hujan kumulatif yang lebih kecil dari k_{sat} . Sedangkan untuk lereng dengan permeabilitas rendah ($k_{sat} = 10^{-7}$), tekanan air pori tidak terlalu berubah selama hujan tetapi terjadi kecenderungan untuk meningkat menjadi tekanan air positif setelah hujan kumulatif.

2.5. Metode Kesetimbangan Batas

LEM atau *Limit Equilibrium Method* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode analisis ini pertama-tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran, yaitu bidang kelongsoran berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran berbentuk *non-circular* atau bisa juga disebut planar. Analisa keseimbangan batas juga merupakan analisis dengan menghitung besarnya kekuatan geser yang diperlukan untuk mempertahankan kestabilan. Lereng dapat mengalami keruntuhan dengan jenis yang berbeda-beda dan bisa lebih dari satu tipe keruntuhan. Jenis keruntuhan dari seperti bidang datar, baji, dan lingkaran dapat dianalisis berdasarkan nilai faktor keamanan dengan metode kesetimbangan batas. Tetapi untuk keruntuhan yang lebih rumit, metode penentuan faktor keamanan ini menjadi tidak tepat digunakan.

Kondisi batas akan tercapai apabila perbandingan antara gaya yang mendorong (F_D) dan gaya yang menahan (F_R) sama dengan satu, yaitu:

$$FS = \frac{\sum FR}{\sum FD} \quad (2.1)$$

Dari perbandingan tersebut didapatkan faktor keamanan (FS) yang merupakan nilai kestabilan lereng. Nilai kestabilan lereng menggunakan metode

keseimbangan batas dapat ditentukan untuk nilai $FS > 1$ berarti lereng dalam kondisi stabil. Sebaliknya, lereng cenderung runtuh bila $FS < 1$.

2.6. Metode Morgenstern-Price

Metode ini adalah salah satu metode yang berdasarkan prinsip kesetimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price pada tahun 1965, dimana proses analisisnya merupakan hasil dari kesetimbangan setiap gaya-gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya. Dalam metode ini, dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser di sekitar irisan (X) dan gaya normal di sekitar irisan (E) dengan persamaan Morgenstern-Price (1965):

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \quad (2.2)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada pada tiap irisan bidang kelongsoran ditunjukkan pada Gambar 2.6. Persamaan yang berlaku adalah :

$$P = \frac{[W_n - (X_R - X_L) - (c'(\sin a - ul \tan \phi' \sin a)]}{\cos a (l + \tan a \frac{\tan \phi'}{E})} \quad (2.3)$$

Dimana :

- P = gaya normal
- C' = kohesi (jika analisa dalam kondisi undrained diambil cu jika dalam kondisi drained diambil nilai kohesi efektif)
- W_n = gaya akibat beban tanah ke-n
- a = sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor
- ϕ = sudut geser tanah (jika dalam kondisi undrained nilai sudut geser 0)
- u = tekanan air pori
- X_L, X_R = gaya gesek yang bekerja di tepi irisan

Dalam metode ini analisa faktor keamanan dilakukan dengan dua prinsip yaitu kesetimbangan momen (F_m) dan kesetimbangan gaya (F_f). Faktor keamanan dari prinsip kesetimbangan momen adalah untuk bidang kelongsoran circular:

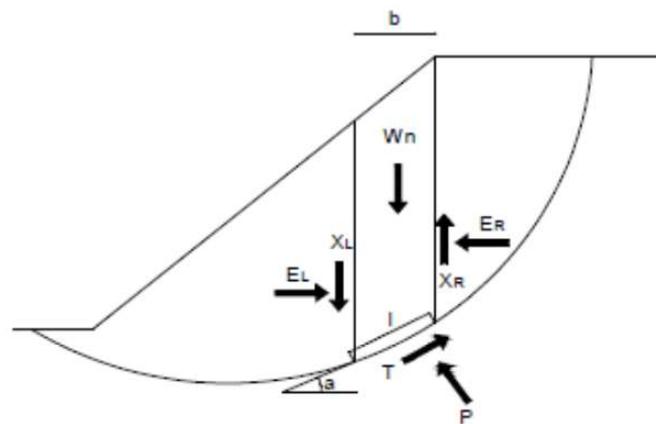
$$F_m = \frac{\sum (c' l + (p - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin a} \quad (2.4)$$

Dan nilai faktor keamanan dengan prinsip kesetimbangan gaya:

$$F_f = \frac{\sum [(c' l + (p - ul) \tan \phi') \cos a]}{\sum P \sin a} \quad (2.5)$$

Pada proses iterasi pertama, gaya geser di sekitar irisan (X_L dan X_R) diasumsikan nol. Kemudian pada proses iterasi selanjutnya gaya tersebut didapatkan dari rumus :

$$(E_R - E_L) = P \sin a - \frac{1}{F} [c' + (P - ul) \tan \phi'] \cos a \quad (2.6)$$



Gambar 2.10 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan bidang kelongsoran metode Morgenstern-Price (Morgenstern dan Price, 1965)

2.7. Kekuatan Geser Tanah (*Shear Strength*)

Parameter Kuat geser tanah merupakan hal yang penting untuk diperhitungkan. Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk menganalisis kapasitas dukung tanah, dinding penahan tanah, stabilitas lereng, dll. (Hardiyatmo, 2012). Wesley (2012) menyebutkan jika kekuatan geser tanah tidak tetap pada jenis tanah tertentu, umumnya tanah yang berada pada posisi bawah lebih kuat daripada tanah yang berada di posisi atas. Hal ini disebabkan karena kekuatan geser tanah bergantung pada tegangan. Selain tegangan kekuatan geser tanah juga dipengaruhi oleh pengaruh alam lainnya.

2.7.1. Teori Keruntuhan Mohr-Coloumb

Kriteria keruntuhan Mohr-Coloumb mendeskripsikan keadaan dari suatu material akan runtuh yang disebabkan oleh berbagai efek (Labuz dan Zang, 2012). Menurut teori Mohr dalam Hardiyatmo (2012) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi dari keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan dari kedua kombinasi tersebut dituliskan dalam Persamaan 2. 7.

$$\tau = f(\sigma) \quad (2.7)$$

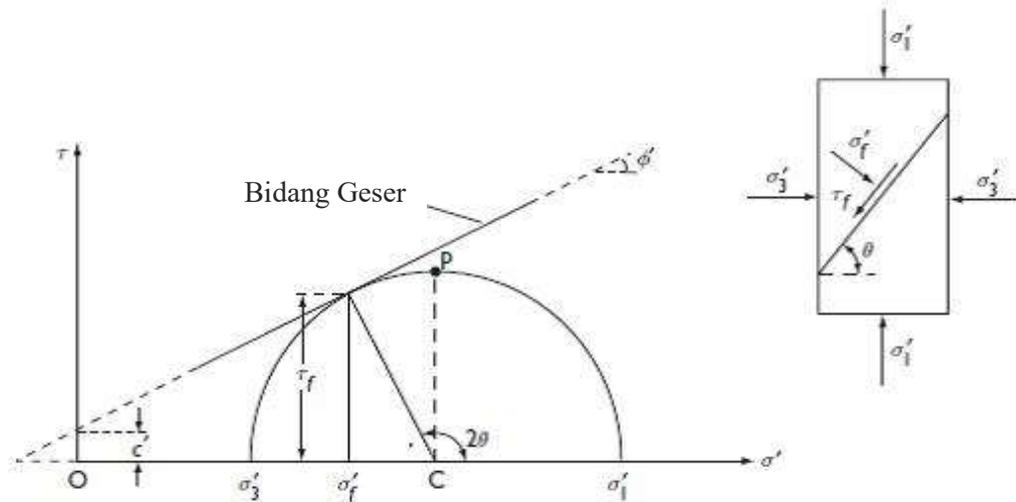
dimana τ adalah tegangan geser saat terjadinya keruntuhan, dan σ adalah tegangan normal saat kondisi keruntuhan.

Kuat geser tanah adalah perlawanan gaya yang ada pada tanah saat terjadi dorongan atau desakan. Ketika tanah diberi pembebanan, maka penggeseran tanah akan ditahan oleh kohesi (c) dan gesekan di antara butir-butir tanah (φ). Menurut Taylor (1948) mendefenisikannya seperti pada Persamaan 2.7. Kriteria keruntuhan Mohr-Coloumb dapat digambarkan dalam bentuk lingkaran tegangan seperti yang disajikan pada Gambar 2.9.

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (2.8)$$

dengan:

- τ = kuat geser tanah,
- c = kohesi tanah,
- φ = sudut geser internal tanah,
- σ = tegangan normal pada bidang runtuh.



Gambar 2.11 Lingkaran Mohr (Hardiyatmo, 2012).

Persamaan tegangan geser (τ) dan tegangan normal (σ) yang terjadi pada bidang geser saat terjadi kegagalan (*failure*) dinyatakan dalam Persamaan 2.9 dan Persamaan 2. 10.

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) \sin 2\theta \quad (2.9)$$

$$\sigma = \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) \cos 2\theta \quad (2.10)$$

dengan σ'_1 adalah tegangan mayor, σ'_3 adalah tegangan minor, θ adalah sudut yang terbentuk antara bidang horisontal dan bidang runtuh yang besarnya disajikan pada Persamaan 2. 1 .

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \quad (2.11)$$

Parameter-parameter c' dan φ' diperoleh dari Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3.

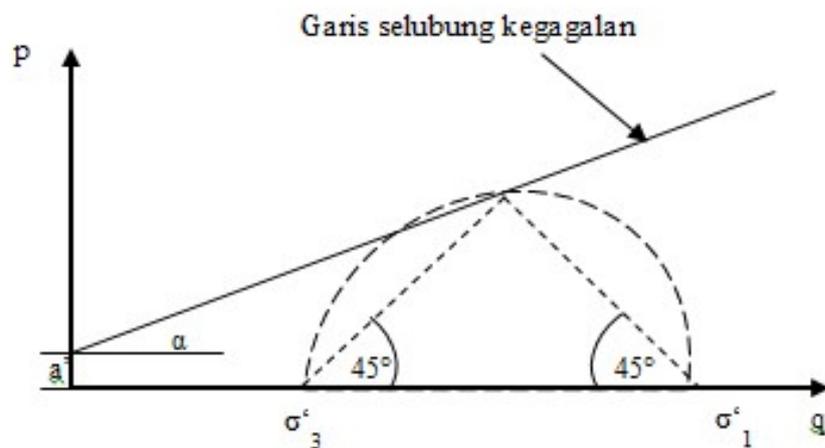
$$\varphi' = \arcsin(\tan \alpha') \quad (2.12)$$

$$c' = \frac{a'}{\cos \varphi'} \quad (2.13)$$

Bila tegangan-tegangan digambarkan dalam kurva hubungan p-q (dimana p dan q masing-masing adalah Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.15) maka akan digambarkan seperti pada Gambar 2.10.

$$p = \frac{1}{2}(\sigma_1' + \sigma_3') \quad 2.14$$

$$q = \frac{1}{2}(\sigma_1' - \sigma_3') \quad 2.15$$



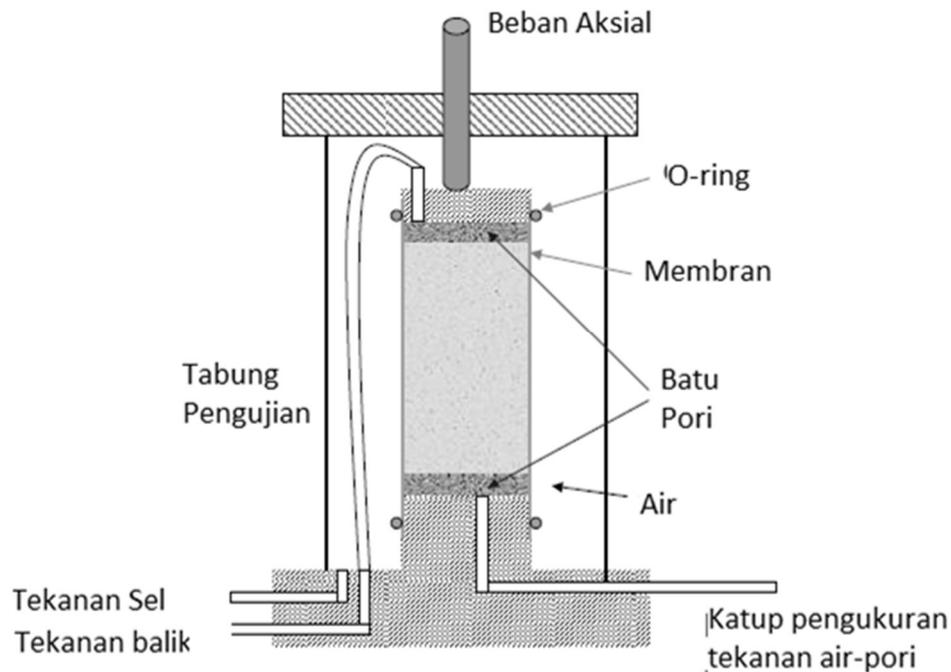
Gambar 2.12 Kurva hubungan p-q
(Hardiyatmo, 2012).

Pengukuran kekuatan geser dapat dilakukan dengan menggunakan cara (1) uji geser langsung (*direct shear test*), (2) uji triaksial (*triaxial test*), dan (3) uji tekan bebas. Untuk pengujian kekuatan geser, pengujian yang paling efektif adalah dengan menggunakan triaksial (Wesley, 2012).

2.8. Pengujian Triaksial

Pengujian triaksial menjadi pengujian yang efektif karena uji triaxial memiliki beberapa kelebihan dalam pengukuran kekuatan geser tanah. Alat triaksial dapat dipakai juga untuk mengukur sifat permeabilitas atau konsolidasi (Wesley, 2012). Pengujian triaksial secara umum disajikan pada Gambar 2.9. Menurut ASTM (2003) pada umumnya dibutuhkan tiga benda uji untuk mendapatkan hasil berupa garis selubung kegagalan pada grafik Mohr-Coloumb. Setiap benda uji memiliki diameter 3,5 cm dengan tinggi berkisar 7 cm. Pengujian

triaksial memiliki beberapa metode, di antaranya yaitu metode *Consolidate Undrained, CU*.



Gambar 2.13 Pengujian triaksial
(Muntohar, 2012).

Metode Tak Terdrainasi-Tak Terkonsolidasi (*Undrained-Uncosolidated, UU*)

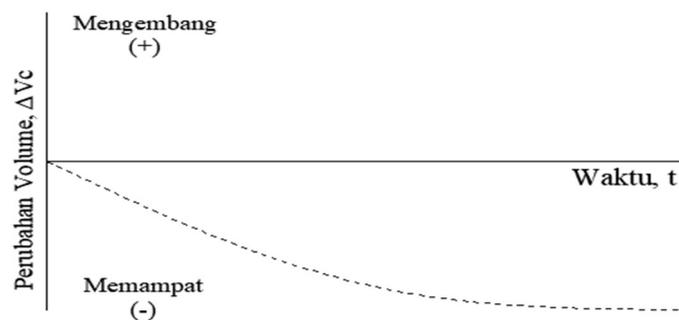
Metode *Undrained-Uncosolidated* merupakan metode pengujian cepat. Pada metode ini tidak ada pengukuran air pori. Pemberian tegangan deviatorik selama penggeseran, air tidak diizinkan keluar dari benda uji. Sehingga benda uji memiliki kelebihan tekan air-pori (*excessed pore-pressure*). Parameter-parameter yang diperoleh pada pengujian ini adalah c (kohesi) dan ϕ (sudut geser internal tanah).

Metode Terkonsolidasi-Tak Terdrainasi (*Consolidated-Undrained, CU*)

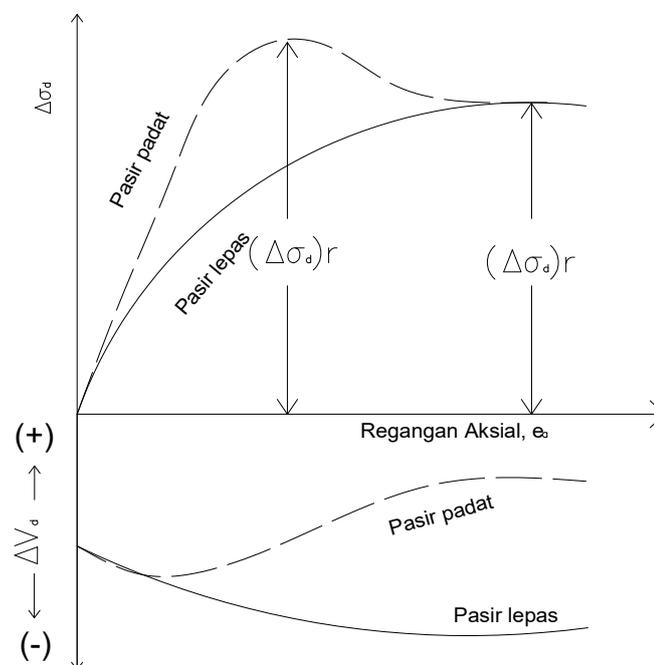
Pada metode *Consolidated-Undrained* benda uji mula-mula diberi tekanan sel tertentu. Kemudian pada tahap konsolidasi dilakukan pengukuran air-pori dengan mengizinkan air untuk keluar dari benda uji sampai tekanan air-pori hilang atau telah konstan, sehingga ada perubahan volume pada benda uji, pengujian dapat digambarkan seperti Gambar 2.12a. Kemudian pada tahap pembebanan aksial tidak ada drainasi yang diizinkan, dan tekanan air pori diukur

(Gambar 2.12b). Parameter yang diperoleh adalah c' (kohesi efektif) dan ϕ' (sudut geser internal efektif tanah), dan perbedaan garis selubung keruntuhan antara tegangan total dan tegangan efektif. Tekanan air pori pada pengujian *Consolidated-Undrained* dapat dinyatakan dengan parameter tekanan air pori dalam Persamaan 2.16. Kondisi pengujian triaksial *Consolidated-Undrained* disajikan dalam Gambar 2.13.

$$B - value = \frac{u_d}{\Delta\sigma_d} \quad (2.16)$$

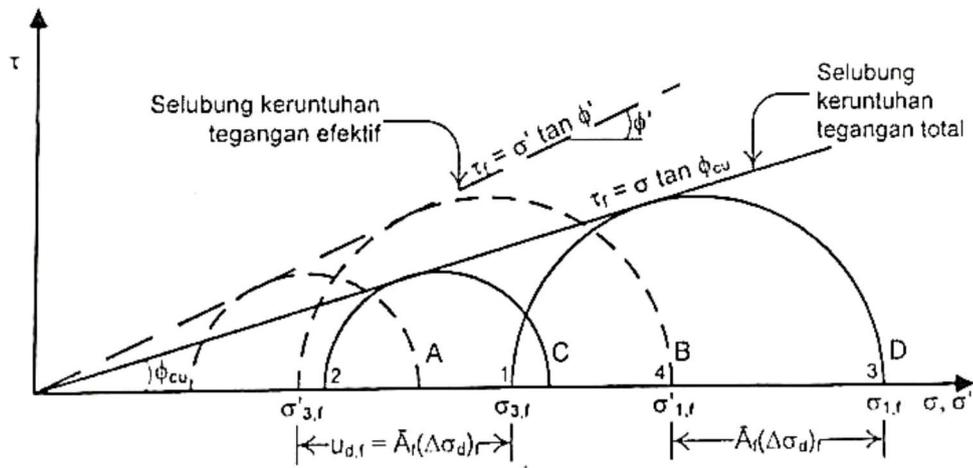


(a)



(b)

Gambar 2.14 Kondisi pengujian CU, (b) Tahap pembebanan aksial (Modifikasi Muntohar, 2012).



Gambar 2.15 Selubung keruntuhan tegangan total dan tegangan efektif pada uji triaksial *Consolidated-Undrained*

(Muntohar, 2012)