PENGARUH TEGANGAN AIR PORI NEGATIF TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Robby Nikolus[1]danYulian Firmana Arifin[2]
[1]Program Studi Magister Teknik Sipil Unlam
[2]Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University

ABSTRACT

Soil in the sampling area undergoes drying-wetting cycle in therainy season and the dry season. This could make pore water in the soilto fluctuate so that the suction changes. The experiment used no.42 Whatman paper filter to measure suction and direct shear test to measure the shear strength.No. 42 Whatman paper filter was placed in the sample inside a pvc tube. It took three variatons of water content. The first variation was wetting variation. Sample was given water so that the water content increase to 25%, 30% and 35%. The second variation was drying variation. Sample was stored in a desicator filled silica gel, so that water content decreased to 15%, 10%, 5% and 0%. The third variation was wetting-drying variation. Sample at maximum water content (35%) was dried gradually so that water content decreased to 30%, 25%, 15%, 10%, 5% and 0%. This experiment indicates that increasing and decreasing suction results in the variation of the shear strength and the volume soil. Variation in the soil volume is the alteration of void ratio (e), degree of saturation (Sr) and water content (w). The result during the wetting procces or rainy season, the soil shear strength will decrease along with decreasing suction. In drying procces or dry season, the soil shear strength will increase along with increasing suction.

Keyword:Suction,direct shear, shear strength

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Barito Utara danMurung Raya merupakan kabupaten di Kalimantan Tengah. Kedua kabupaten ini dihubungkan oleh akses jalan darat dan sungai. Akses jalan darat merupakan nadi perekonomian kedua kabupaten ini. Panjang jalannya sekitar 100 km, kondisi jalan antar kabupaten ini berupa kontur perbukitan dimana sisi kanan dan kirinya terjal. Sering terjadi kerusakan di jalan ini, salah satunya adalah kejadian longsor di ruas jalan km 50 – km 70 pada tahun 2010, dimana terjadi sekitar 6 titik longsor.

Kejadian-kejadian yang berhubungan dengan peristiwa kelongsoran terutama pada lereng sering terjadi pada pertengahan atau akhir musim penghujan. Padahal letak muka air tanah sangat jauh, membuat kondisi tanah menjadi unsaturated. Dimana tanah unsaturated kekuatannya sangat dipengaruhi oleh tegangan air pori negatif (Fredlund, 1995) Pengaruh kadar air terhadap tegangan air pori negatif inilah yang menjadi penyebab longsor pada saat hujan. Hal ini disebabkan pori tanah terisi semua oleh air. Sehingga menarik untuk dikaji hubungan antara air pori dan kelongsoran yang terjadi pada lereng.

Pada saat tertentu kondisi lereng kadang berfungsi dengan baik, namun kondisi keandalan lereng belum tentu baik, mungkin sudah sangat menurun atau bahkan sangat kritis. Sehingga banyak lereng yang longsor secara tiba-tiba sehingga membahayakan masyarakat sekitar. Pengaruh air hujan terutama pada permukaan atas lereng mengakibatkan naiknya kadar air melalui rembesan air langsung di permukaan. Ketika tanah jenuh maka tanah kehilangan semua tambahan kekuatan geser yang berasal dari tekanan air pori negatif sehingga tanah menjadi tidak stabil dan mudah longsor, apalagi di tambah beban di atasnya.

Terutama tanah lempung, proses pembasahan dan pengeringan juga mempengaruhi volumenya. Perubahan volume ini disebabkan oleh perubahan volume pori dimana saat proses pembasahan volume pori membesar (*swelling*) dan proses

Correspondence : Robby Nikolus

pengeringan volume pori akan menyusut (*shringkage*).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

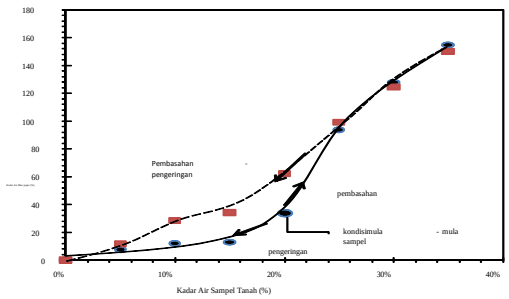
1. Mengetahui pengaruh kadar air terhadap *suction,* selain itu juga untuk
2. Mengetahui pengaruh *suction* terhadap derajat kejenuhan kemudian untuk
3. Mengetahui pengaruh *suction* terhadap angka pori dan terakhir tujuan penelitian adalah untuk
4. Mengetahui pengaruh proses pembasahan dan pengeringan terhadap tegangan air pori negatif (*suction*) dan parameter kuat geser tanah yaitu sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi (c).

2. METODE PENELITIAN

Untuk mengetahui kondisi awal sampel, tanah diambil menggunakan handboring pada lokasi yang akan terjadi longsor. Sampel diambil dengan interval 5 m. Kemudiaan sampel tanah tersebut dibawa untuk proses pengujian di laboratorium. Pengujian laboratorium tersebut berupa pengujian kadar air, berat jenis, ukuran butir, liquit limit dan plastic limit. Pengujian tersebut untuk mengetahui kondisi inisial tanah, sehingga dapat diketahui penambahan atau pengurangan air.

Dalam penelitian ini dilakukan 2 macam percobaan, yaitu direct shear untuk mengetahui besar tegangan geser sesuai keadaan tanahnya, dan percobaan tegangan air pori negatif untuk menentukan besarnya tegangan air pori negatif yang dimiliki oleh tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Kurva Hubungan Kadar Air Dengan Tegangan Air Pori Negatif

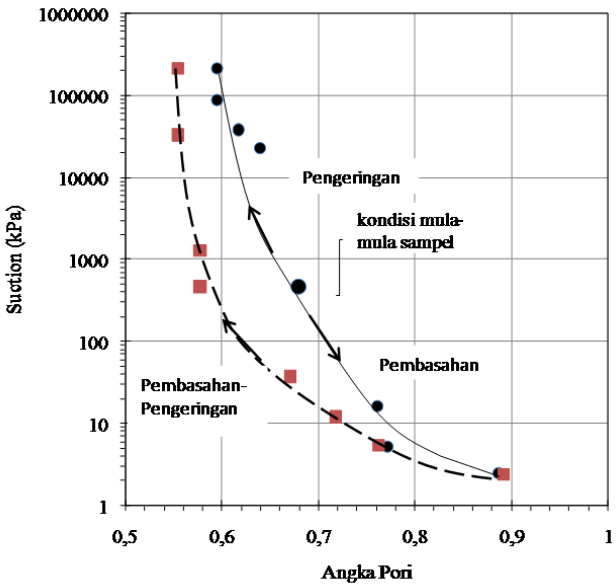
Kurva pada Gambar 1 diatas terbentuk dari proses pengeringan dan pembasahan dengan kondisi kadar air sampel mula-mula 20%. Terlihat pada gambar, kadar air filter paper semakin kecil pada proses pengeringan dan meningkat dengan meningkatnya kadar air sampel tanah pada proses pembasahan. Sedangkan untuk proses pembasahan langsung pengeringanya itu mulai dari kadar air 35%, terlihat jalur yang berbeda dari grafik sebelumnya. Data kadar air filter paper ini kemudian dirubah menjadi tegangan air pori negative atau suction dengan menggunakan Persaman ASTM D-5298.

Untuk kadar air filter paper (w_f)< 45%

$$s = 5{,}327 - 0{,}077 w_f$$

Untuk kadar air filter paper (w_f) > 45%

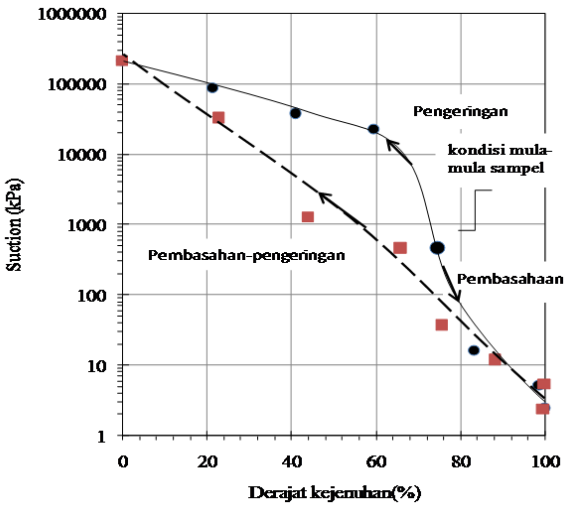
$$s = 2{,}412 - 0{,}0135 w_f$$



Gambar 2. Kurva Hubungan Angka Pori Dengan Tegangan Air Pori Negatif

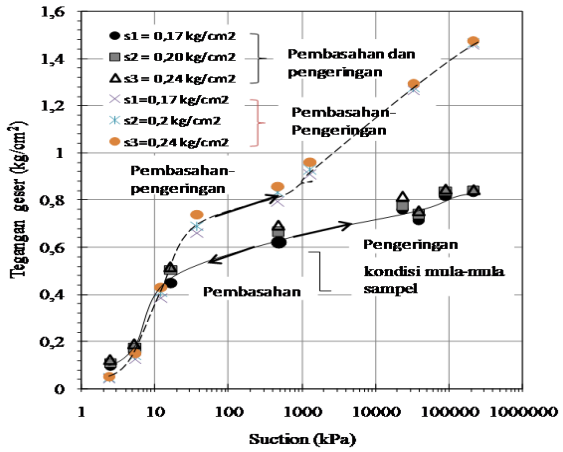
Gambar 2 diatas memperlihatkan kurva angka pori sampel sebagai fungsi tegangan air pori negatif (*suction*). Seperti terlihat pada gambar, angka pori membesar (mengembang) dengan berkurangnya *suction* (proses pembasahan) dan mengecil (menyusut) dengan bertambahnya *suction*. Proses pengembangan terjadi karena ketika proses pembasahan, sampel menyerap air. Hal ini memperlihatkan bahwa ketika menyerap air, air tidakhanyamengisi volume udara yang ada

dalam pori akan tetapi juga mengakibatkan volume pori membesar. Sedangkan pada proses penyusutan, mengecilnya angka pori tidak hanya diakibatkan oleh keluarnya air dari poriakan tetapi diikuti juga dengan mengecilnya volume pori tanah



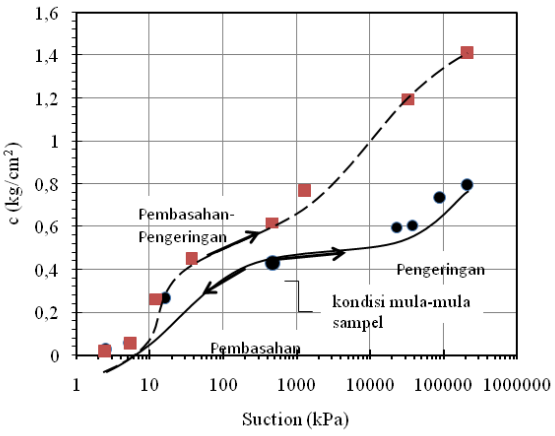
Gambar 3. Kurva Hubungan Derajat Kejenuhan Dengan Tegangan Air Pori Negatif

Gambar 3 di atas memperlihatkan kurva derajat kejenuhan sebagai fungsi *suction*. Terlihat pada gambar, derajat kejenuhan meningkat akibat proses pembasahan dan menurun akibat proses pengeringan. Kurva hubungan derajat kejenuhan dengan *suction* ini biasanya digunakan untuk menentukan *air entry value* (AEV) atau nilai *suction* dimana udara mulai masuk kedalam sampel akibat proses pengeringan. Pada penelitian ini, AEV tidak dapat ditentukan karena kondisi sampel mula-mula tidak jenuh sehingga pada proses pembasan, udara sudah ada di dalam sampel. Terlihat pada Gambar di atas, sampel mulai jenuh ketika sampel mencapai suction 5 kPa atau pada kadar air sekitar 35%.



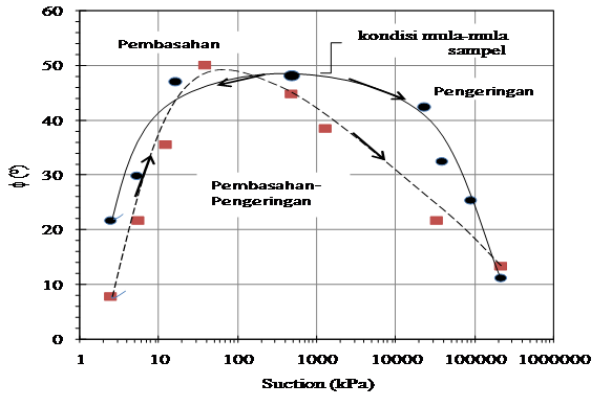
Gambar 4. Kurva Hubungan Kuat Geser Dengan Tegangan Air Pori Negatif

Gambar 4 di atas memperlihatkan hubungan antara tegangan geser (τ) sampel dengan suction. Tegangan geser ini adalah tegangan geser maksimum yang didapat pada tiap-tiap tegangan vertical yaitu 0,17kg/cm^2, 0,20 kg/cm^2, dan 0,24 kg/cm^2. Terlihat pada gambar, tegangan geser tanah meningkat dengan meningkatnya *suction*. Atau jika dilihat dari kondisi mula-mula sampel, ketika terjadi proses pembasahan (pengurangan suction) tegangan geser tanah berkurang sedangkan pada proses pengeringan (peningkatan *suction*) tegangan geser tanah juga meningkat. Begitu pula saat dari kondisi basah (35% kadar air) langsung dikeringkan, maka tegangan geser pun meningkat,tetapi tidak melalui jalur kurva yang sama lagi.



Gambar 5. Kurva Hubungan Kohesi Dengan Tegangan Air Pori Negatif

Pengurangan besarnya kohesi disebabkan karena peningkatan gaya tolak-menolak partikel lempung akibat bertambahnya air (pengurangan *suction*). Sedangkan peningkatan besarnya kohesidi sebabkan oleh peningkatan gaya tarik-menarik antar partikel lempung akibat berkurangnya *suction* (berkurangnya kadar air). Terlihat pada Gambar 5 di atas, hubungan antara kohesi dengan *suction* hampir linier. Ini berbeda dengan yang terlihat pada Gambar sebelumnya, hubungan antara tegangan geser dengan suction memperlihatkan hubungan non linier. Selisih dari tegangan geser dan kohesi merupakan kontribusi sudut gesek dalam.



Gambar 6. Kurva Hubungan Sudut Gesek Dalam Dan Tegangan Air Pori Negatif

Terlihat pada Gambar 6 di atas, sudut gesek dalam tanah mengecil dengan berkurangnya suction dan bertambahnya suction. Terdapat nilai maksimumya itu pada kondisi mula-mula sampel. Ini berbeda dengan hubungan kohesi suction yang merupakan hubungan yang hampir linier. Seperti dibahas sebelumnya, ketika suction berkurang, gaya tolak menolak tanah lempung menjadi bertambah sehingga memperkecil ukuran *cluste r*pada tanah. Selain itu, peningkatan kadar air akan meningkatkan tegangan air pori ketika sampel diberi beban vertical pada saat uji geser. Ini akan mengakibatkan berkurangnya tegangan efektif tanah, sehingga selain tegangan geser yang terukur berkurang juga diikuti oleh berkurangnya gesekan antar tanah. Sedangkan pada proses pengeringan, peningkatan ikatan antar butiran mengakibatkan mengecilnya gesekan antar butiran. Kuat geserlebihdidominasiolehkohesitanahdibandingkansudutgesekdalamnya

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Tegangan air pori negative meningkat dengan berkurangnya kadar air dan mengecil dengan bertambahnya kadar air sampel
2. Angka pori membesar dengan berkurangnya suction, sebaliknya mengecil dengan meningkatnya suction
3. Terdapat hubungan yang antara kadar air, suction, dan angka pori
4. Derajat kejenuhan meningkat dengan berkurangnya suction, dan sebaliknya mengecil dengan meningkatnya suction.
5. Tegangan geser tanah meningkat dengan meningkatnya suction
6. Kohesi meningkat dengan meningkatnya suction dan mengecil dengan berkurangnya suction.
7. Terdapat puncak pada hubungan suction dengan sudut gesek dalam. Pada penelitian ini, puncak sudut gesek dalam terdapat pada rentang 15-30000 kPa.
8. Pada kuat geser tanah tak jenuh, kontribusi kohesi meningkat dengan meningkatnya suction, sedangkan kontribusi sudut gesek dalam mengecil dengan meningkatnya suction.
9. Suction tidak dapat dipastikan sama seiring penambahan atau pengurangan air, tetapi lebih pada proses berulang yang akan membuat jalur tegangan yang berbeda.
10. Sudut lereng akan mempengaruhi faktor keamanan dan kadar air yang ada dalam tanah, semakin tinggi sudut lereng maka semakin rendah kemampuan tanah untuk menampung kadar air pada keadaan yang aman.

DAFTAR RUJUKAN

ASTM (1994), *Standar test method forof measurement of soil potensial (suction) using filter paper*, America.

Bowles, J.E. (1989), *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Bandung, Erlangga.

Craig, R.F. (2004), *Craig's Soil Mechanics*, Usa and Canada, Spon Press.

Das, B.M. (2006), *Principles of Geotechnical Engginering*, California State University, Sacremento.

Das, B.M. (2008), *Advance Soil Mechanics*, London and New York, Taylor & Francis

Deka, R.N. (1995), *Use and accuracy of the filter-paper technique for measurement of soil matric potencial*, European journal of Soil Science, Aberdeen university.

Fredlund, D.G. (1995), Negative *pore water pressure in slope stability*, Proceeding Symposio Suramericano de Deslizamientos, Paipa, Columbia, pp. 429-439.

Fredlund, D.G.(1997*), the stability of slope with negative pore-water pressure*, proceeding to Ian Boyd Donald symposium, Australia, Monash University.

Hansa, B.R.danToto, R.Y. (2004), *Variasi sudut geser tanah akibat siklus drying wetting pada tanah pasir kelempungan*, Surabaya, Universitas Petra.

Rifa'i, A. (2011), *Application of Unsaturated Soil Parameter in Slope Stability Analysis due to Rainfall*, Yogyakarta.

Rifa'i, A. (2011), *Matric Suction Measurement Using Contact Filter Paper Method and its Effect on Hydro-Mechanical behavior of Unsaturated Soils*, Yogyakarta.

Sudhaka, M.R. (2000), *Role of Matric Suction in collapse of compacted Clay Soil*, Journal Of geotechnical and geoenviron mental engginering.

Zakaria, Z. (2000), *Analisis Kestabilan lereng Tanah*, Bandung. Unpar