



PENGARUH SIKLUS PEMBASAHAN DAN PENGERINGAN TERHADAP KUAT GESER SISA (*RESIDUAL STRENGTH*) TANAH LATERIT

Rusdiansyah

*Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km. 35.5,
Banjarbaru, 70714, Indonesia.*

ABSTRAK

*Pada kondisi dimana lereng jalan telah mengalami kelongsoran maka dibutuhkan pengetahuan kekuatan geser tanah sisanya agar dapat ditentukan antara lain bahwa apakah area lain yang berdekatan dengan area longsor masih bisa digunakan sebagai akses lalu lintas yang beroperasi sebelumnya ataukah akan diambil tindakan dengan penutupan jalan total guna menghindari potensi ancaman keselamatan pengguna lalu lintas di atasnya. Pada kondisi lereng jalan yang telah mengalami kelongsoran, dalam penanganannya kembali sering membutuhkan waktu relative lama dari pihak yang berwenang terhadap pengelolaan jalan. Adanya jeda waktu yang lama sejak terjadinya kelongsoran hingga dilakukan penanganan maka material tanah timbunan lereng yang mengalami kelongsoran adalah selalu mengalami keadaan pembasahan dan pengeringan yang terus berulang-ulang seiring dengan waktu jeda yang diberikan. Kekuatan geser tanah sisa sangatlah penting dalam rekayasa geoteknik. Konsep kekuatan geser sisa tanah telah memberikan kontribusi yang sangat besar pada studi perilaku tanah yang mengalami keruntuhan geser baik dalam kondisi terdrainase maupun tidak. Konsep kekuatan geser sisa tanah memiliki peran penting dalam perilaku tanah longsor, terutama penilaian terhadap kekuatan geser sisa pasca mengalami kelongsoran maupun penilaian resiko kegagalan progresif dari stabilitas lereng. Masalah utama penelitian ini adalah bagaimana pengaruh siklus pembasahan dan pengeringan terhadap perilaku kekuatan geser sisa dari lereng tanah laterit. Secara rinci ingin mendapatkan informasi Bagaimana perilaku kuat geser dari lereng tanah laterit akibat adanya siklus pembasahan dan pengeringan, dan juga bagaimana kondisi kuat geser sisa (*residual strength*) dari tanah laterit akibat adanya siklus pembasahan dan pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kuat geser tanah laterit baik kondisi normal maupun kondisi sisa akibat adanya pengaruh siklus pembasahan dan pengeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama terjadinya siklus pembasahan-pengeringan maka nilai kuat geser kondisi normal maupun kuat geser kondisi residual (*sisa*) untuk parameter kohesi adalah semakin menurun. Selain itu bahwa semakin lama periode siklus pembasahan atau pengeringan, maka semakin menurun nilai kohesi residual yang dihasilkan. Apabila ditinjau dalam periode waktu yang sama, maka nilai kohesi residual kondisi pembasahan yang dihasilkan adalah lebih rendah dibandingkan dengan nilai kohesi residual kondisi pengeringan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam pada kondisi mengalami siklus pembasahan adalah tidak sama dengan nilai sudut geser dalam pada kondisi pengeringan, baik untuk kuat geser sisa (*residual*) maupun kuat geser normal.*

Kata kunci : kuat geser tanah, kuat geser sisa, siklus pembasahan, siklus pengeringan, kelongsoran lereng

ABSTRACT

In conditions where the road slope has experienced landslides, we need knowledge of the remaining shear strength so that it can be determined, among other things, whether other areas adjacent to the landslide area can still be used as traffic access that operates previously or will be taken with total road closure to avoid potential threats safety of traffic users on it. In the condition of road slopes that have experienced landslides, in handling it again often requires a relatively long time from the authorities to the management of the road. The existence of a long time lag since the occurrence of landslides until handling is carried out, so that the slope pile material that is experiencing landslide is always experiencing a state of wetting and drying which keeps repeating along with the given time lag. The residual shear strength of soils is very important in geotechnical engineering. The concept of residual shear strength of the soil has contributed greatly to the study of soil behavior that experienced shear collapse both in drained or not. The concept of residual shear strength has an important role in the behavior of landslides, especially the assessment of the residual shear strength after experiencing landslides as well as the assessment of the risk of progressive failure of slope stability. The main problem of this research is how the effect of wetting and drying cycles on the residual shear strength behavior of laterite soil slopes. In detail, we want to get information on how the shear strength behavior of laterite soil slopes due to the wetting and drying cycle, and also how the residual strength conditions of the laterite soil due to the wetting and drying cycle. This study aims to determine the shear strength characteristics of laterite soil both normal conditions and residual conditions due to the influence of the wetting and drying cycle. The results showed that the longer the wetting-drying cycle, the value of the shear strength of the normal conditions and the shear strength of the residual conditions for the cohesion parameter is decreasing. In addition, the longer the wetting or drying cycle period, the lower the residual cohesion value produced. When reviewed in the same time period, the resulting cohesion of residual conditions of wetting conditions is lower than the residual cohesion value of drying conditions. The results also showed that the value of the deep shear angle under conditions of experiencing a wetting cycle was not the same as the value of the shear angle in the drying conditions, both for residual shear strength and normal shear strength.

Keywords : Shear strength of the soil, residual shear strength, wetting cycle, drying cycle, slope slide.

1. PENDAHULUAN

Jaringan jalan di Kalimantan, terutama di Kalimantan Selatan belum semua memenuhi persyaratan kelayakan teknis jalan seperti kekuatan jalan. Belum terpenuhinya persyaratan kelayakan teknik jalan antara lain menimbulkan kerusakan jalan dan kerugian besar adalah merupakan suatu permasalahan. Sampai saat ini pembangunan jalan di Kalimantan terus dilakukan seiring dengan berjalannya waktu dan peningkatan pertumbuhan ekonomi masing-masing wilayah.

Wilayah Kalimantan dengan keadaan tanah yang dimiliki didominasi jenis tanah lempung lunak dengan ketebalan yang cukup tebal pada kedalaman yang relative dalam menimbulkan permasalahan, diantaranya mengakibatkan timbulnya potensi ketidakstabilan lapisan tanah



tersebut apabila menerima beban atau gaya yang akan bekerja di atasnya. Kondisi seperti ini membutuhkan upaya-upaya perbaikan atau perkuatan tanah agar lapisan tanah lempung lunak tersebut lebih mampu memikul beban atau gaya yang bekerja di atasnya.

Selain permasalahan tanah dasar, permasalahan tanah timbunan juga kerap terjadi, terutama pada area pinggir jalan atau lereng jalan. Permasalahan tanah timbunan yang terjadi antara lain terjadi kelongsoran lereng pada tipe kelongsoran dangkal maupun dalam. Pada kelongsoran dangkal (longsor pada bagian muka lereng) terjadi akibat adanya pemadatan tanah timbunan urugan biasa yang belum sempurna (kepadatan laboratorium masih belum tercapai di lapangan). Selain itu penyebab kelongsoran pada muka lereng adalah juga akibat belum adanya dinding penahan tanah maupun proteksi dinding lereng agar terhindar dari gerusan air hujan. Jenis tanah timbunan yang sering digunakan sebagai material timbunan adalah tanah laterit (tanah merah).

Tanah Laterit (tanah merah) memiliki distribusi ukuran butir dengan variasi fraksi kerikil, pasir, lanau, dan lempung dengan prosentasinya masing-masing. Namun secara umum tanah laterit tersebut masih tergolong memiliki fraksi tanah lempung dengan indeks plastisitas yang tergolong masih tinggi. Dengan adanya nilai indeks plastisitas yang tidak rendah ini menimbulkan factor stabilitas timbunan jalan masih menyisakan permasalahan-permasalahan diantaranya adanya potensi terjadinya pemampatan yang relative masih besar pada badan jalan dari material timbunan itu sendiri, maupun adanya kondisi tergerusnya permukaan lereng material tanah laterit sebagai tanah timbunan akibat pengaruh hujan yang kemudian berpotensi menimbulkan terjadinya kelongsoran.

Kelongsoran muka lereng dari tanah timbunan material urugan biasa sering terjadi. Kelongsoran yang terjadi tersebut mulai dari skala luasan pengaruh longsor yang kecil hingga dengan skala luasan pengaruh longsor yang besar yang dapat menghambat jalur lalu lintas yang melewati di atasnya. Pada kondisi dimana lereng jalan telah mengalami kelongsoran maka dibutuhkan pengetahuan kekuatan geser tanah sisanya agar dapat ditentukan antara lain bahwa apakah area lain yang berdekatan dengan area longsor masih bisa digunakan sebagai akses lalu lintas yang beroperasi sebelumnya atautah akan diambil tindakan dengan penutupan jalan total guna menghindari potensi ancaman keselamatan pengguna lalu lintas di atasnya. Pada kondisi lereng jalan yang telah mengalami kelongsoran, sering penanganannya kembali butuh waktu relative lama dari pihak yang berwenang terhadap pengelolaan jalan. Adanya jeda waktu yang lama sejak terjadinya kelongsoran hingga dilakukan penanganan maka material tanah timbunan lereng yang mengalami kelongsoran adalah selalu mengalami keadaan pembasahan dan pengeringan yang terus berulang-ulang seiring dengan waktu jeda yang diberikan.

Kekuatan geser tanah sisa sangatlah penting dalam rekayasa geoteknik. Konsep kekuatan geser sisa tanah telah memberikan kontribusi yang sangat besar pada studi perilaku tanah yang mengalami keruntuhan geser baik dalam kondisi terdrainase maupun tidak. Konsep kekuatan geser sisa tanah memiliki peran penting dalam perilaku tanah longsor, terutama penilaian terhadap kekuatan geser sisa pasca mengalami kelongsoran maupun penilaian resiko kegagalan progresif dari stabilitas lereng. Pendekatan terhadap kekuatan geser sisa (residual strength) dari tanah terkonsolidasi berlebih (OC Soil) dapat dinilai dalam 2(dua) tahap. Tahap pertama pada kondisi dimana kekuatan geser tanah telah mengalami puncaknya, kemudian kekuatan geser tanah tersebut berangsur-angsur berkurang ke nilai kondisi kritis karena peningkatan kadar air. Sedangkan pada tahap kedua dimana adanya kondisi terjadinya penurunan kekuatan geser tanah saat terjadinya deformasi yang besar akibat reorientasi

partikel tanah sejajar dengan arah terjadinya pergeseran. Pada kondisi dimana keadaan ini telah tercapai, maka kekuatan geser tanah menjadi minimum dan kekuatan geser inilah yang disebut dengan kekuatan geser sisa (*residual strength*).

Penelitian mengenai kekuatan geser sisa (*residual strength*) telah dilakukan sejak akhir Tahun 1930-an, diantaranya oleh Hvorslev (1936, 1939) dan Haefeli (1951). Selanjutnya pada Tahun 1964, Skempton telah melakukan penelitian mengenai kekuatan geser sisa tanah dengan menggunakan model konseptual berbasis data eksperimen. Kemudian oleh Borowicka (1965), Chandler (1966 dan 1969), dan Kenny (1967) secara berturut-turut seiring berjalannya waktu telah menyempurnakan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Skempton (1964) mengenai kajian kekuatan geser sisa.

Pengetahuan mengenai bagaimana nilai kuat geser sisa dari tanah pasca mengalami kelongsoran akibat pembasahan dan pengeringan sampai saat ini cukup banyak telah dilakukan, namun apabila tanah timbunan menggunakan tanah laterit dimana tanah laterit tersebut merupakan tanah timbunan biasa untuk pembangunan jalan hampir diseluruh wilayah Kalimantan sampai saat ini belum pernah dilakukan. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan kajian pengaruh pembasahan dan pengeringan terhadap kekuatan geser sisa.

Penelitian ini dirasa sangatlah penting karena hasil penelitiannya dapat memberikan informasi mengenai karakteristik tanah laterit terutama nilai kekuatan geser tanah sisa yang akan dihasilkan saat mengalami pembasahan dan pengeringan.

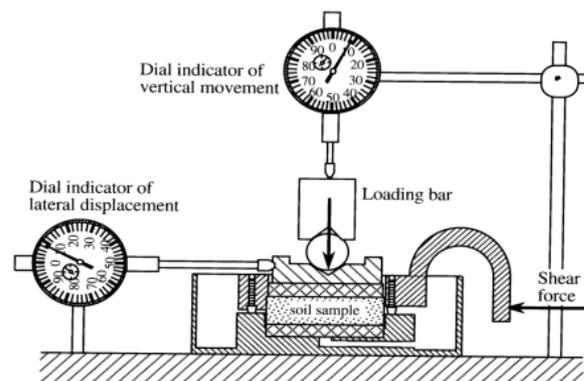
1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik kuat geser tanah laterit baik kondisi normal maupun kondisi sisa akibat adanya pengaruh siklus pembasahan dan pengeringan.

2. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian laboratorium yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian sifat fisik dan mekanis tanah laterit, serta pengujian kuat geser tanah laterit kondisi mengalami siklus pembasahan dan pengeringan.

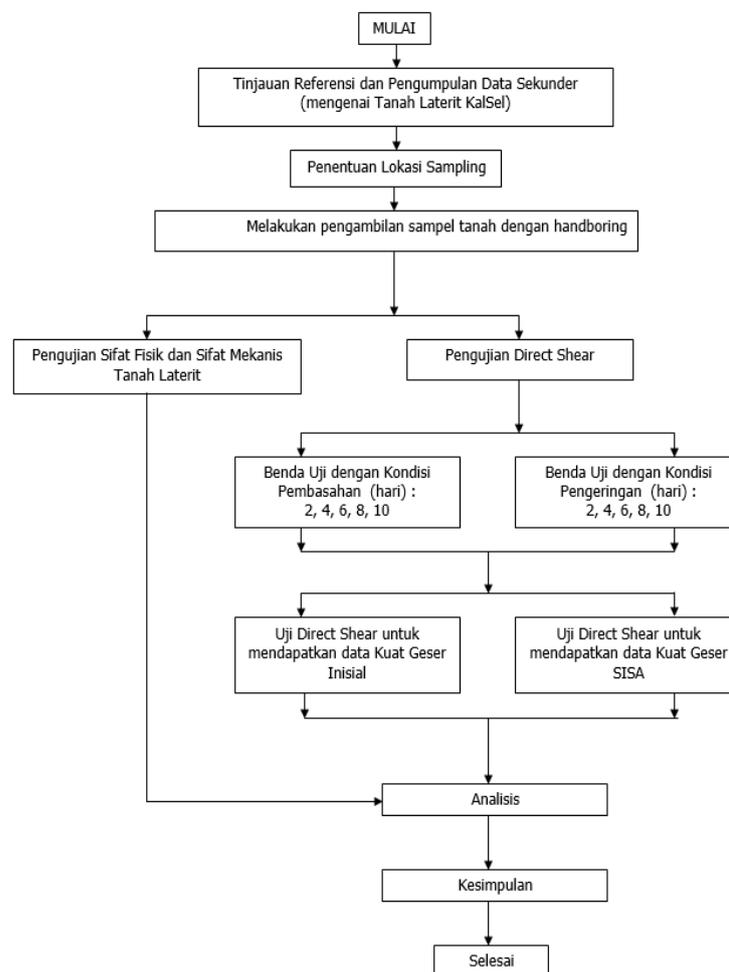
Alat uji utama yang digunakan adalah alat Direct Shear (uji geser langsung) yang. Dalam Gambar 1 ditunjukkan skema alat uji geser langsung.



Gambar 1. Skema Alat Uji Geser Langsung

Material tanah laterit diperoleh dari quarry tanah laterit yang berlokasi didekat Mandiangin Banjarbaru. Adapun metode pengambilan sampel tanah laterit dengan cara handboring untuk mendapatkan karakteristik tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*).

Semua benda uji yang mengalami kondisi pembasahan dan pengeringan masing-masing diperlakukan dalam durasi waktu 2 hari, 4 hari, 6 hari, 8 hari, dan 10 hari. Pada kondisi pembasahan, benda uji tanah tidak dikondisikan dengan direndam (dijenuhkan) melainkan hanya diberi pembasahan analogi mengalami hujan dengan perlakuan yang konstan dan konsisten untuk seluruh benda uji. Dalam Gambar 2 ditunjukkan flow chart alur kegiatan penelitian ini.



Gambar 1. Alur Kegiatan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

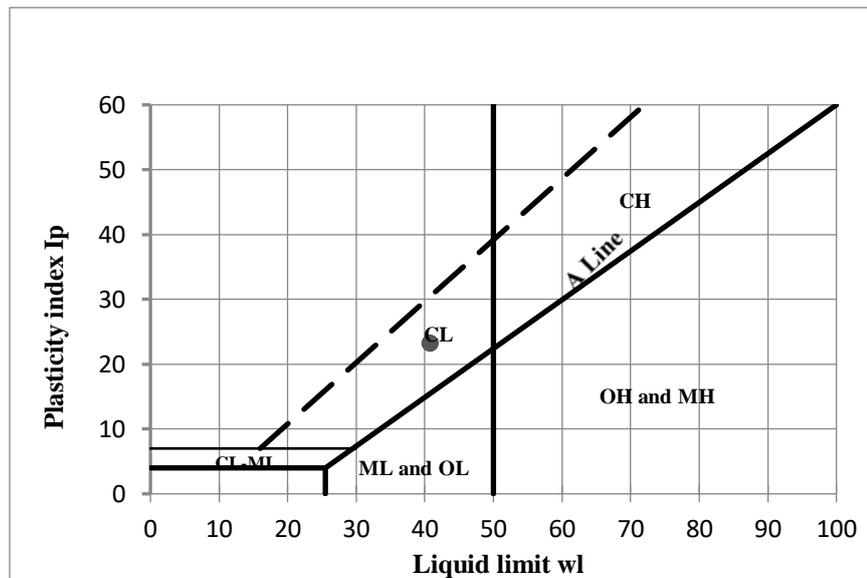
3.1 Karakteristik Tanah Lempung

Karakteristik tanah yang digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini adalah tergolong tanah lempung lunak. Hal ini ditunjang oleh beberapa parameter sifat fisik dan mekanis tanah tersebut yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Dalam Tabel 4.1 ditunjukkan antara lain bahwa pada tanah yang digunakan sebagai benda uji memiliki nilai Indeks Plastis yang memenuhi kategori tanah lempung. Selain itu juga berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan bahwa tanah yang digunakan sebagai benda uji adalah tergolong tanah CL menurut USCS serta didukung oleh visualisasi di lapangan.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Lempung

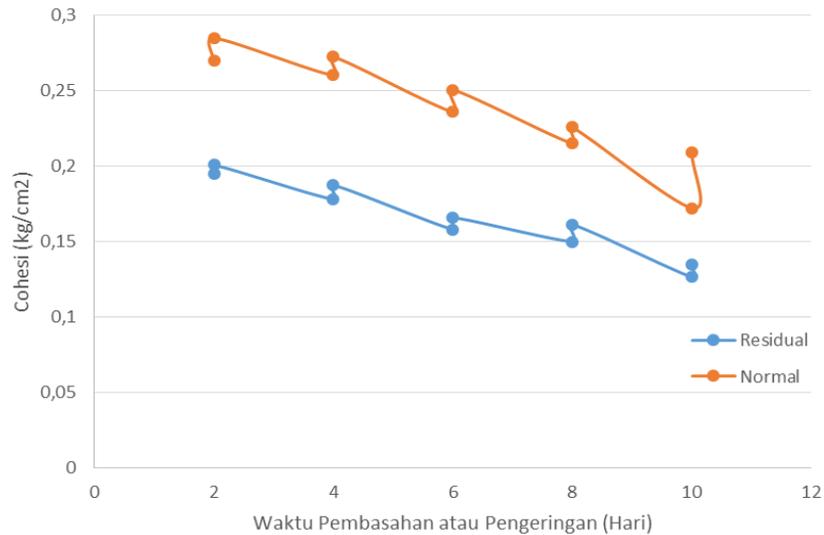
Sifat Fisik dan Mekanis	Besaran
Water content (%)	21.02
Volumetric weight (gr/cm ³)	1.88
Liquid limit (%)	40.80
Plastic limit (%)	17.53
Plasticity Index (%)	23.27
Vane shear test (s_u) (kN/m ²)	>130
Cohesi, Kg/cm ² (Direct Shear)	0.316
Sudut Gesek Dalam, ϕ (Direct Shear)	35.97
q_u , Kg/cm ²	1.15



Gambar 2. Klasifikasi Tanah

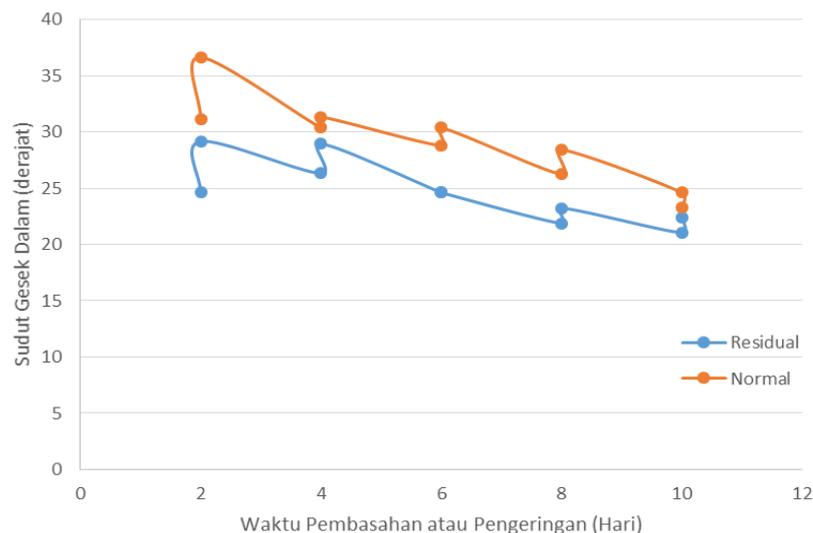
3.2 Hubungan Waktu Siklus Pembasahan / Pengeringan Terhadap Kuat Geser Tanah

Hubungan antara keadaan waktu siklus pembasahan atau pengeringan ditunjukkan dalam Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama terjadinya siklus pembasahan-pengeringan maka nilai kuat geser kondisi normal maupun kuat geser kondisi residual (sisa) untuk parameter kohesi adalah semakin menurun. Prosentasi penurunan yang terjadi akibat siklus pembasahan dan pengeringan adalah rata-rata sebesar 5,11% untuk kuat geser kondisi normal, dan sebesar 4,92% untuk kondisi kuat geser residual (sisa). Dalam grafik tersebut juga dapat dijelaskan bahwa kuat geser residual (sisa) mengalami penurunan rata-rata 26,42% terhadap kuat geser kondisi normal pada kondisi siklus pembasahan dan pengeringan yang konstan.



Gambar 3. Hubungan antara keadaan waktu siklus pembasahan atau pengeringan dan Kohesi

Pada Gambar 3 menunjukkan hubungan antara keadaan waktu siklus pembasahan atau pengeringan dan Sudut Gesek Dalam. Berdasarkan Gambar 3 maka dapat dijelaskan bahwa kuat geser pada kondisi normal maupun kuat geser kondisi residual (sisa), perubahan dari fase pembasahan ke fase pengeringan menghasilkan nilai kuat geser (kohesi)nya yang mengalami kenaikan namun tidak signifikan. Sebaliknya perubahan dari fase pengeringan ke fase pembasahan maka nilai kuat gesernya mengalami penurunan rata-rata sebesar 4,5%. Pada kondisi siklus fase pengeringan 10 hari, maka nilai kuat geser kondisi normal adalah lebih besar dibandingkan dengan nilai kuat geser kondisi residual (sisa).

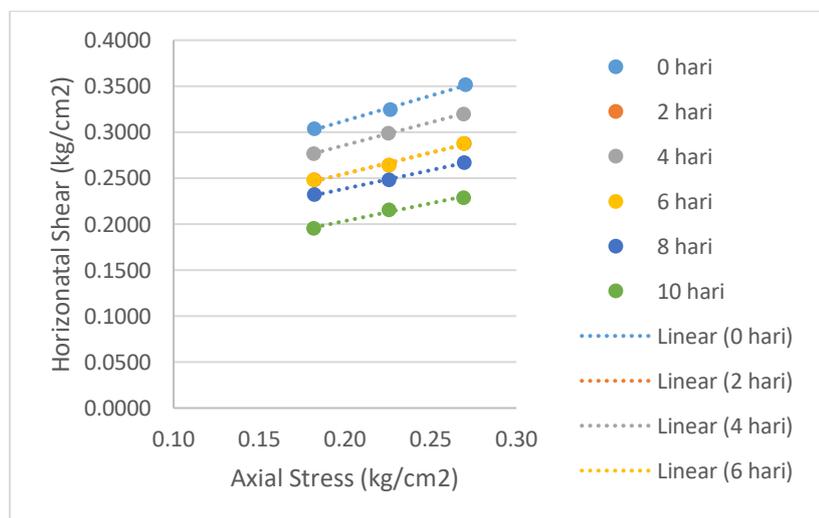


Gambar 4. Hubungan antara keadaan waktu siklus pembasahan atau pengeringan dan Sudut Gesek Dalam



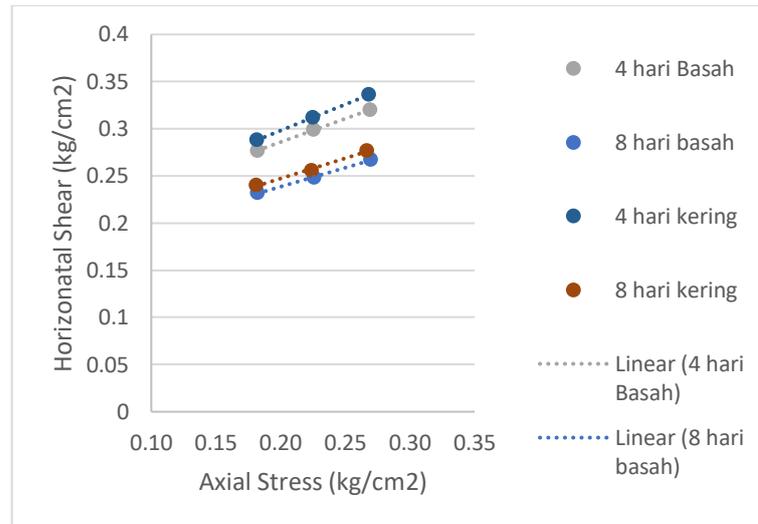
Gambar 5. Hubungan antara keadaan waktu siklus pembasahan atau pengeringan dan Kadar Air untuk kondisi Kekuatan Sisa (Residual)

Dalam Gambar 5 ditunjukkan Hubungan antara keadaan waktu siklus pembasahan atau pengeringan dan Kadar Air untuk kondisi Kekuatan Sisa (Residual). Berdasarkan gambar grafik tersebut maka secara umum dapat dijelaskan bahwa semakin lama periode siklus pembasahan maka nilai kadar air akan semakin naik, sebaliknya kadar air akan semakin menurun apabila periode siklus pengeringan semakin lama. Selain itu juga bahwa semakin lama waktu periode siklus pembasahan dan pengeringan terjadi maka semakin besar pula perubahan nilai kadar air yang dihasilkan untuk masing-masing siklus pada periode yang sama.



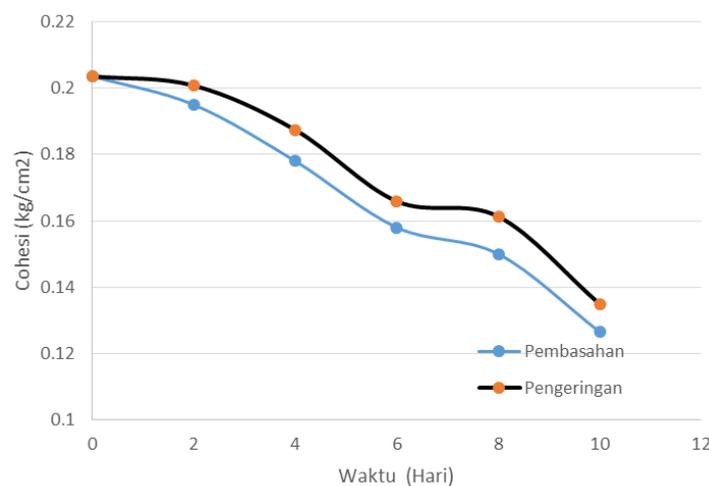
Gambar 6. Hubungan antara Tegangan Aksial dan Horisontal dalam waktu siklus pembasahan untuk kondisi Kekuatan Sisa (Residual)

Secara umum bahwa berdasarkan Gambar 6 diatas bahwa dengan semakin meningkatnya nilai *axial stress* maka semakin meningkat pula nilai *horisontal shearnya*. Selain itu juga bahwa semakin lama periode siklus pembasahan maka semakin menurun nilai *horisontal shearnya*.



Gambar 7. Hubungan antara Tegangan Aksial dan Horizontal dalam waktu siklus pembasahan-pengeringan untuk kondisi Kekuatan Sisa (Residual)

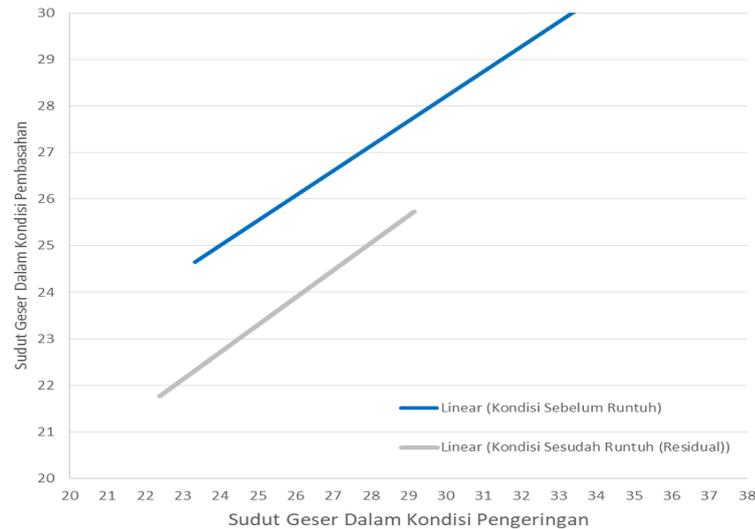
Didalam Gambar 7 dapat dinyatakan bahwa semakin pendek periode siklus pembasahan maupun pengeringan maka semakin tinggi nilai horizontal shear yang dihasilkan pada kondisi residual. Selain itu juga bahwa nilai *horizontal shear* untuk kondisi pembasahan adalah lebih rendah dibandingkan dengan kondisi pengeringan.



Gambar 8. Hubungan antara Waktu siklus pembasahan-pengeringan dan Kohesi untuk kondisi Kekuatan Sisa (Residual)

Pada Gambar 8 menunjukkan Hubungan antara Waktu siklus pembasahan-pengeringan dan Kohesi untuk kondisi Kekuatan Sisa (Residual). Dimana berdasarkan Gambar 8 tersebut maka dapat dijelaskan bahwa semakin lama periode siklus pembasahan maupun siklus pengeringan, maka semakin menurun nilai kohesi residual yang dihasilkan. Apabila ditinjau dalam periode waktu yang sama, maka nilai kohesi residual kondisi pembasahan yang dihasilkan adalah lebih rendah dibandingkan dengan nilai kohesi residual kondisi pengeringan.

Hubungan antara Sudut Geser Dalam kondisi pembasahan dan pengeringan baik untuk kuat geser sisa (residual) maupun kuat geser normal ditunjukkan dalam Gambar 8. Dalam grafik tersebut dapat dinyatakan bahwa nilai sudut geser dalam pada kondisi mengalami siklus pembasahan adalah tidak sama dengan nilai sudut geser dalam pada kondisi pengeringan, baik untuk kuat geser sisa (residual) maupun kuat geser normal.



Gambar 9. Hubungan antara Sudut Geser Dalam kondisi pembasahan-pengeringan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Semakin lama terjadinya siklus pembasahan-pengeringan maka nilai kuat geser kondisi normal maupun kuat geser kondisi residual (sisa) untuk parameter kohesi adalah semakin menurun.
2. Pada perubahan dari fase pembasahan ke fase pengeringan menghasilkan nilai kuat geser (kohesi)nya yang mengalami kenaikan namun tidak signifikan baik untuk kuat geser pada kondisi normal maupun kuat geser kondisi residual (sisa).
3. Pada kondisi kuat geser sisa (residual) dimana semakin lama periode siklus pembasahan maka nilai kadar air akan semakin naik, sebaliknya kadar air akan semakin menurun apabila periode siklus pengeringan semakin lama.
4. Semakin lama waktu periode siklus pembasahan dan pengeringan terjadi maka semakin besar pula perubahan nilai kadar air yang dihasilkan untuk masing-masing siklus pada periode yang sama.
5. Semakin lama periode siklus pembasahan maka semakin menurun nilai horizontal shearnya.
6. Semakin pendek periode siklus pembasahan maupun pengeringan maka semakin tinggi nilai *horizontal shear* yang dihasilkan pada kondisi residual. Selain itu juga bahwa nilai *horizontal shear* untuk kondisi pembasahan adalah lebih rendah dibandingkan dengan kondisi pengeringan.
7. Semakin lama periode siklus pembasahan atau pengeringan, maka semakin menurun nilai kohesi residual yang dihasilkan.



8. Apabila ditinjau dalam periode waktu yang sama, maka nilai cohesi residual kondisi pembasahan yang dihasilkan adalah lebih rendah dibandingkan dengan nilai cohesi residual kondisi pengeringan.
9. Nilai sudut geser dalam pada kondisi mengalami siklus pembasahan adalah tidak sama dengan nilai sudut geser dalam pada kondisi pengeringan, baik untuk kuat geser sisa (residual) maupun kuat geser normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah mendukung dan membantu pembiayaan pelaksanaan penelitian ini untuk Tahun Anggaran 2019.

DAFTAR RUJUKAN

- Ashford Common Shaft: strength-effective stress relationships. *Geotechnique*, 15: 1-31.
- Bishop, A.W., Webb, D. L. Et Lewin, P. I. 1965. Undisturbed samples of London Clay from the
- Bucher, F. 1975. "Die Restscherfestigkeit natiirlicher Boden, ihre Einflussgrossen und Beziehungen als Ergebnis experimenteller Untersuchungen." *Rep. No. 103*, Institutes fiir Grundbau und Bodenmechanik Eidgenossische Technische Hochschule, Ziirich, Switzerland (in German).
- Borowicka, H. 1965. "The influence of the colloidal content on the shear strengt;l of clay." *Proc., 6th Dlt. Conf. Soil Mech. and Found. E~lgrg.. Montreal, Canada*, 1: 175-178.
- Chandler, R. J. 1977. Back analysis techniques for slope stabilization works: a case record. *Geotechnique*, 27(4): 479-495.
- Haefeli, R. 1951. "Investigation and measurements of the shear strength of saturated cohesive soils." *Gkotechnique*, London, England, 2(3): 186-207.
- Hvorslev, M. J. 1960. Physical components of shear strength of saturated clays. *ASCE Research Conference on Shear Strength o f Saturated clays*, University of Colorado, pp. 169-273.
- Kenney, T. C. 1967. The influence of mineral composition on the residual strength of natural soils. *Proceedings, Geotechnical Conference, Oslo, NGI*, 1: 123-129.
- Skempton, A. W. & Petley, D. J. 1967. The strength along structural discontinuities in stiff clays. *Proceedings, Geotechnical Conference, Oslo, NGI*, 2: 29-43.
- Skempton, A. W. & Petley, D. J. 1967. The strength along structural discontinuities in stiff clays. *Proceedings, Geotechnical Conference, Oslo, NGI*, 2: 29-43.
- Lupini, J. F., Skinner, A. E. & Vaughan, P. R. 1981. The drained residual strength of cohesive soils." *Geotechnique*, 31(1): 81-213
- Kenny, T. C. 1977. Residual strength of mineral mixtures. *In 9th International conference 011 soil mechanics*. 1: 155-160.



- Lupini, J. F., Skinner, A. E., Vaughan, P. R. 1981. The drained residual strength of the cohesive soils. *Geotechnique*, 31 (2): 181-213 .
- Skemp, A. W. 1985. Residual strength of clays in landslides. folded strata and the laboratory. *Geotechnique*, 35 (1): 3-18.
- Kenney, T. C. 1967. Slide behaviour and shear resistance of a quick clay determined from a study of the landslide at Selnes, Norway. In: Proc.. of the Geotechnical Conference, Oslo, 1: 57-64.
- Lupini, J. F., Skinner, A. E., Vaughan, P. R. 1981. The drained residual strength of cohesive soils. *Geotechnique* 31 (2) 181-213. MathWorks, Inc, 2005. Matlab User's Manual, Version 6.5. The MathWorks, Inc.