

Perilaku variasi kadar air pada tanah ekspansif serta perannya terhadap nilai faktor adhesi dari daya dukung terhadap friksi pada pondasi tiang

Indarto

Guru Besar FTSP-ITS

Daniel Tjandra

Mahasiswa program Doktor Bidang Keahlian Geoteknik Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS

R A A. Soemitro

Dosen tetap Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS

ABSTRAK: Pada zone aktif tanah ekspansif dapat mengalami fase dari keadaan cair sampai padat, atau sebaliknya. Keadaan ini akan berpengaruh terhadap daya dukung friksi pada tiang, serta seluruh parameter yang mempengaruhinya khususnya, nilai kohesi dan faktor adhesi dari tanah.

Dalam makalah ini dilakukan percobaan variasi kadar air serta akibatnya terhadap faktor adhesi tiang pada tanah ekspansif. Pengukuran faktor adhesi dilakukan baik dengan model di lapangan maupun model laboratorium, dengan menggunakan material tiang dari baja dan beton.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada kadar air jenuh nilai faktor adhesi α untuk tiang beton menunjukkan nilai yang relatif konstan (pada nilai sekitar 0,9), nilai ini kemudian menurun sedikit tajam (pada nilai sekitar 0,6) pada saat tanah memasuki *air entry value*, nilai ini kemudian naik kembali (pada nilai sekitar 0,8) pada kadar air setelah melampaui batas plastis, untuk seterusnya nilai ini terlihat konstan sampai pada kadar air batas susut. Disisi lain pada rentang yang sama dimana faktor adhesi pada tiang beton menunjukkan penurunan, faktor adhesi α pada bahan tiang baja justru meningkat tajam. Nilai ini kemudian turun kembali untuk berimpit dengan nilai faktor adhesi α dari tiang beton.

Kata kunci: variasi kadar air, tanah ekspansif, faktor adhesi.

1 PENDAHULUAN

Faktor adhesi merupakan parameter penting dalam menentukan daya dukung friksi tiang pancang atau tiang bor yang ditanamkan pada tanah kelepungan. Kesalahan dalam menentukan faktor adhesi dapat berakibat pada kesalahan perhitungan daya dukung selimut pada tiang.

Beberapa authors seperti American Petroleum Institute (1986), Tomlinson (1957), Peck (1958), Woodward (1961), Kerisel (1965), Dennis (1983) dan MacCharty (1988) memberikan nilai faktor adhesi α , yang umumnya ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan atau fungsi dari *undrained shear strength*. Dalam penentuan *undrained shear strength*, kondisi tanah bisa jenuh atau tidak jenuh, yang mana tidak terlihat dalam grafik atau hubungan yang diusulkan para authors.

Disisi lain, besarnya nilai *undrained shear strength* dari tanah kelepungan akan sangat tergantung pada variasi kadar air yang terkandung didalamnya. Keberadaan air didalam tanah dapat mengakibatkan tanah tersebut dalam kondisi cair, plastis, semi padat, atau padat, yang dibatasi dengan batas cair,

batas plastis ataupun batas susut. Dimana dalam kondisi seperti itu tanah dapat mengalami fase jenuh, tidak jenuh atau kering sama sekali. Keadaan tanah kelepungan seperti ini akan berpengaruh terhadap nilai faktor adhesi.

Makalah ini mencoba untuk melihat kelakuan tanah ekspansif yang mengalami variasi kadar air serta perannya terhadap nilai faktor adhesi α , dari daya dukung akibat friksi pada pondasi tiang, yang merupakan model percobaan laboratorium

2 MATERIAL DAN METODE PERCOBAAN

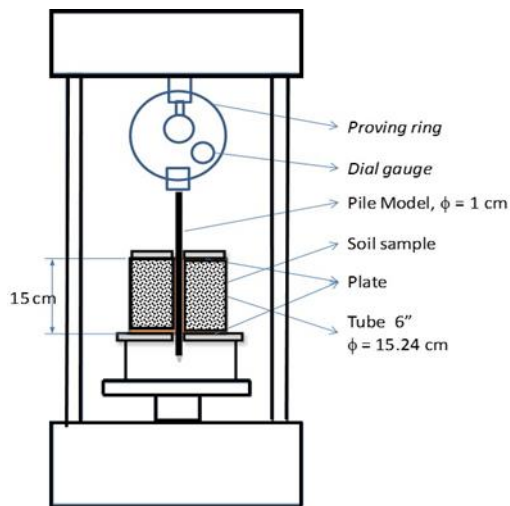
Material utama yang digunakan dalam percobaan ini adalah tanah ekspansif dari daerah Citraland Surabaya Barat yang memiliki sifat-sifat fisik sebagai berikut:

G_s	γ_D kN/m^3	LL %	PL %	$Clay$ %	$Silt$ %
2,65	12,5	109	30	76,8	23

Untuk melihat karakteristik global saat mengalami variasi kadar air maka pada tanah

ekspansif ini dilakukan percobaan siklus pengeringan – pembasahan yang diambil dari Badawi dan Indarto (2010). Kondisi inisial dari karakteristik global ini merupakan pasta dengan kadar air 1,5 batas cair w_L . Karakteristik variasi kadar air global tanah ekspansif ini akan dibandingkan dengan dengan variasi kadar air benda uji *undisturbed* tanah ekspansif Citraland.

Sedang untuk menentukan daya dukung friksi pada pondasi tiang dilakukan pada suatu model seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model pembebanan tiang

Mengingat pemodelan ini hanya melihat daya dukung friksi maka bagian tengah dari dasar model dibuat berlubang

Dalam pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan tanah ekspansif dengan kadar air yang bervariasi untuk melihat bagaimana pengaruh variasi kadar air pada tanah ekspansif terhadap faktor adhesi tiang. Pengaruh variasi kadar air ini terhadap tanah ekspansif ini dilihat dalam dua material yang berbeda yaitu beton dan baja.

3 HASIL PERCOBAAN DAN DISKUSI

3.1 Karakteristik global tanah ekspansif yang mengalami variasi kadar air

Grafik pada Gambar 2 adalah hasil percobaan siklus pengeringan pembasahan global tanah ekspansif Citraland yang dihasilkan oleh Badawi dan Indarto (2010). Model representasi seperti terlihat pada

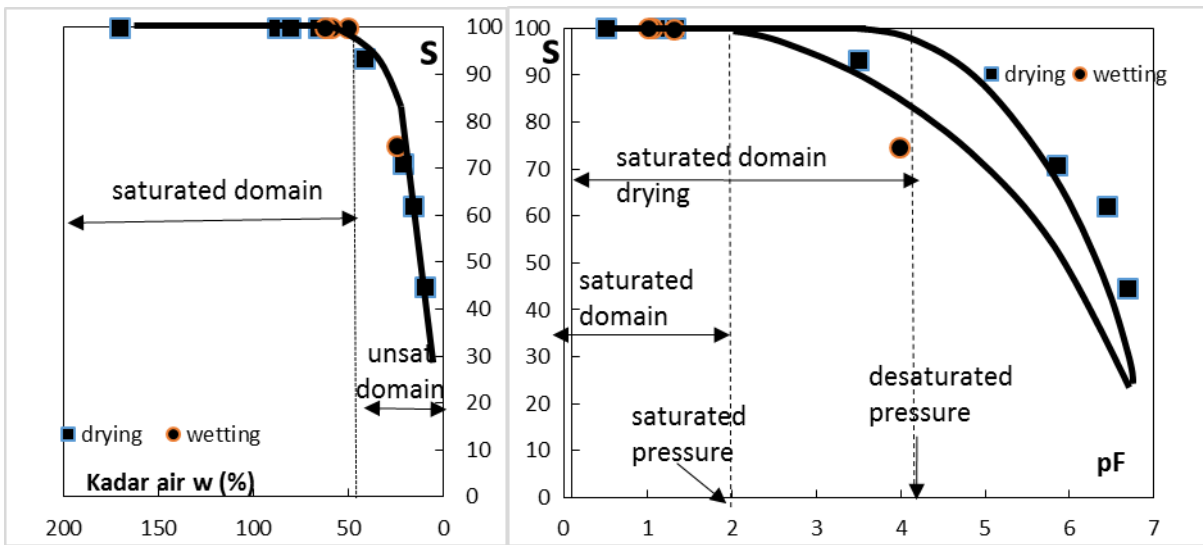
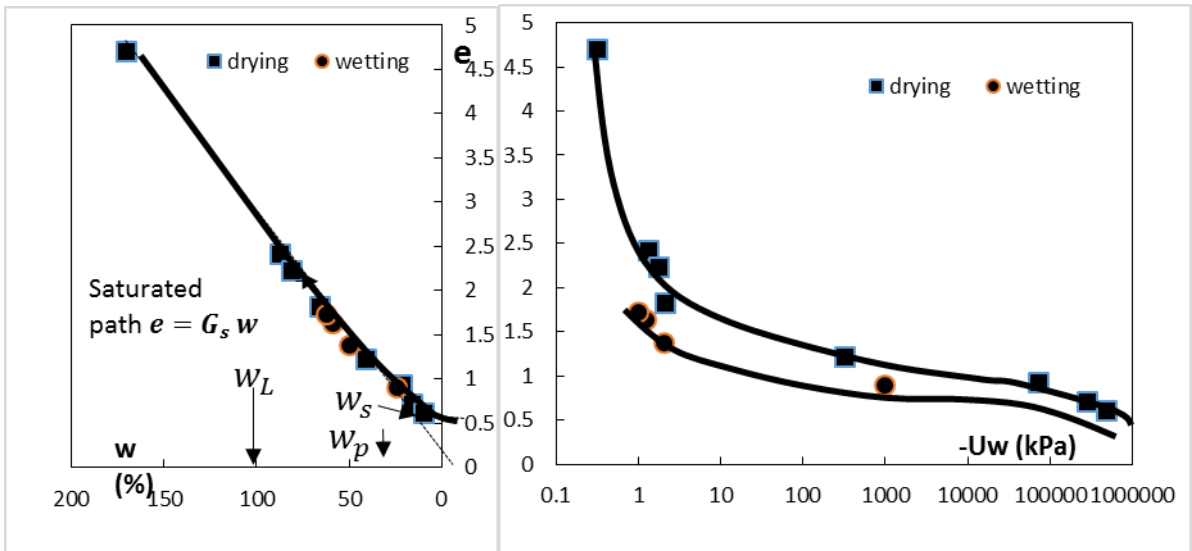
Gambar 2, pertama kali diusulkan oleh Biarez et al.(1988) yang bertujuan untuk melihat suatu karakteristik global suatu tanah dari keadaan cair ketika kemudian mengalami siklus pengeringan-pembasahan. Selama proses pengeringan dari keadaan cair tanah akan melewati batas cair, yang kemudian menjadi plastis, sehingga berubah keadaannya menjadi semi solid, yang selanjutnya melewati batas susut sehingga keadaan menjadi solid. Selama proses ini, maka derajat kejenuhan tanah berubah dari jenuh menjadi tidak jenuh.

Hasil percobaan yang ada direpresentasikan dalam bentuk 5 grafik. Parameter-parameter yang digunakan untuk melihat keadaan benda uji saat pengeringan-pembasahan adalah:

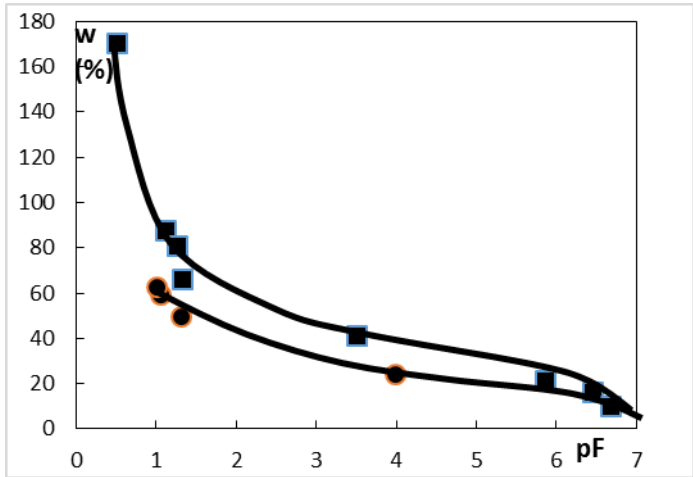
- kadar air w
- angka pori e
- derajat kejenuhan S_r

Zone jenuh suatu tanah ditandai dengan adanya hubungan linier $e = (\gamma/\gamma_w).w$, dimana pada tanah ekspansif Citraland ini digambarkan dengan garis lurus dalam grafik hubungan antara $e-w$, pada Gambar 2. Pada garis lurus ini titik-titik baik pengeringan maupun pembasahan yang memiliki derajat kejenuhan 100 % akan berimpit pada garis ini. Bila titik dimana garis lurus tersebut mulai berubah menjadi garis lengkung, dihubungkan dengan ketiga grafik lainnya maka akan didapatkan, zone jenuh, zone tidak jenuh, dan juga *tegangan desaturasi* atau pF desaturasi pada siklus pengeringan yang dikenal dengan *Air Entry Value (AEV)*. Sedangkan pada siklus pembasahan sebaliknya bisa didapatkan *tegangan saturasi*, atau pF saturasi.

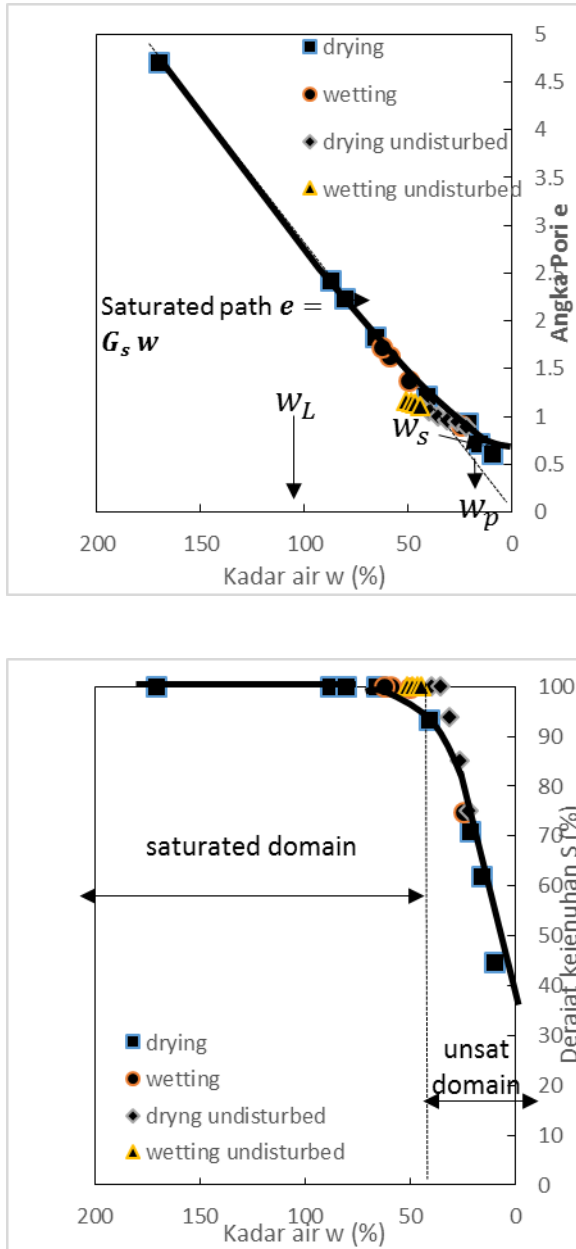
Hasil percobaan variasi kadar air dari material *undisturbed* yang digunakan sebagai dasar penentuan faktor adhesi, bila ditempatkan pada pada material global ini dapat dilihat pada grafik dari Gambar 3. Terlihat bahwa posisi titik-titik *undisturbed* pada representasi global terletak pada *state plastis* yang mendekati kearah *state solid*, dan berada dalam rentang jenuh, kemudian melewati transisi sampai pada kondisi tidak jenuh.



Gambar 2. Drying-wetting cycle tanah ekspansif Citraland *remolded*
 LL = 114 %
 PL = 32 %
 PI = 82 %
 Kondisi inisial $w = 1.5 w_L$



Pada Gambar 4 terlihat bahwa semakin berkurang derajat kejenuhan tanah ekspansif maka *undrained shear strength* nya semakin tinggi. Dalam grafik terlihat bahwa dalam kondisi jenuh tanah ekspansif masih memiliki *undrained shear strength* sampai sekitar 30 kPa.

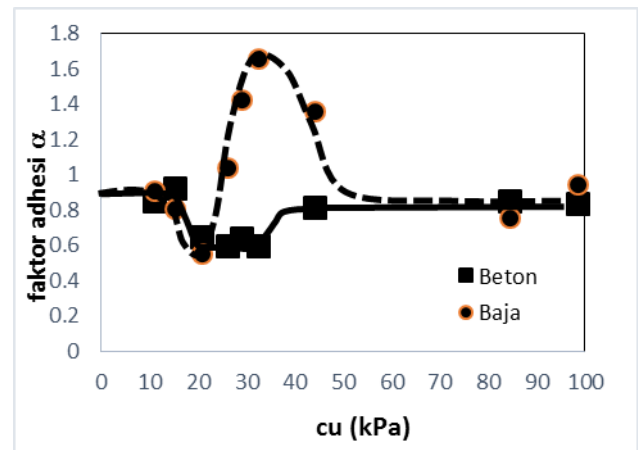


Gambar 3. Lokasi *drying-wetting undisturbed* pada representasi global.

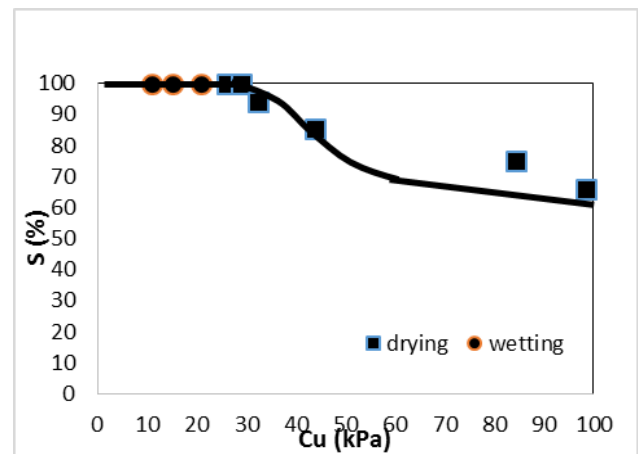
3.2 Pengaruh variasi kadar air terhadap faktor adhesi

Hasil percobaan faktor adhesi untuk baja dan beton dapat dilihat pada Gambar 4. Secara umum, pada awalnya faktor adhesi untuk kedua material menunjukkan nilai yang sama

khususnya saat kondisi jenuh, yaitu sekitar 0,9. Namun nilai tersebut kemudian berbeda pada saat kejenuhan tanah mengalami transisi antara keadaan jenuh menuju kondisi tidak jenuh. Pada fase ini nilai α untuk material beton awalnya menurun sampai sekitar 0,6, angka pada transisi derajat kejenuhan ini relatif konstan sampai pada nilai derajat kejenuhan sekitar 90 %. Nilai ini kemudian meningkat sampai pada suatu nilai $\alpha = 0,8$ seiring dengan menurunnya nilai derajat kejenuhan. Nilai ini tetap konstan meski nilai derajat kejenuhan terus menurun.



(a)



(b)

Gambar 4. (a): Hubungan faktor adhesi pondasi tiang baja dan beton dengan *undrained shear strength* (b): Hubungan *undrained shear strength* dengan derajat kejenuhan

Pada material baja pada fase transisi derajat kejenuhan dari jenuh ke tidak jenuh, nilai α meningkat signifikan secara progresif sampai pada suatu nilai α sekitar 1,7. Setelah sampai pada nilai ini angka ini kemudian menurun

secara progresif seiring dengan menurunnya derajat kejenuhan kemudian menyatu kembali dengan faktor adhesi untuk material beton pada nilai $\alpha = 0,8$. Nilai tersebut tetap konstant sebagaimana material beton meski nilai derajat kejenuhan terus berkurang.

Nilai faktor adhesi material tanah dan baja yang lebih tinggi dari nilai faktor adhesi antara tanah dan beton ini bertentangan dengan pemahaman fisika dan penelitian sebelumnya sebagaimana diungkapkan oleh Tan (2008) dan Tiwari (2010), yang menyatakan bahwa kekasaran dari permukaan material mempengaruhi tahanan friksi antara tanah dan material. Material beton yang memiliki tingkat kekasaran yang lebih tinggi seharusnya memiliki kekasaran permukaan yang lebih tinggi sehingga memiliki nilai faktor adhesi yang lebih tinggi.

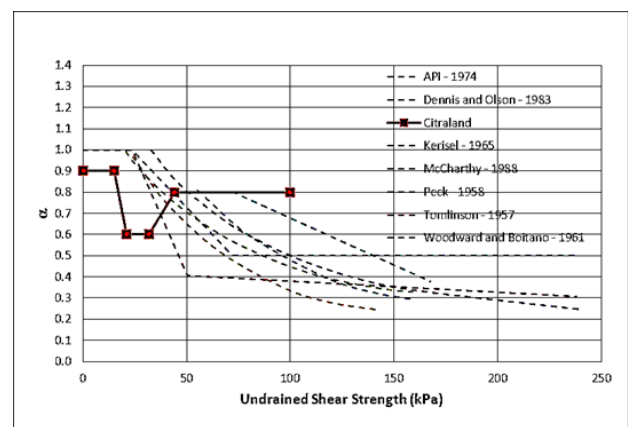
Hasil nilai faktor adhesi yang berbeda dari fakta yang seharusnya ini sebenarnya sesuai dengan apa yang dikemukakan Signor (2012). Pada penelitian ini, tahanan friksi baja lebih tinggi 42 % dibanding dengan tahanan friksi beton. Signor (2012) menyebutkan bahwa kapasitas dukung friksi dari baja lebih tinggi 33 % sampai 50 % dari kapasitas dukung friksi beton sebagai sesuatu yang tidak biasa dari sifat baja pada umumnya, mengingat bahwa sifat beton memiliki kekasaran yang lebih besar dibanding dengan dengan baja.

Nilai faktor adhesi baja yang lebih tinggi ini tidak cukup bila dilihat hanya dari kekasaran permukaan, namun harus dimengerti juga dari kelakuan dari tanah ekspansif itu sendiri. Pertama, tanah ekspansif yang ada memiliki sifat plastisitas yang tinggi, dimana sifat plastisitas yang tinggi ini sangat mempengaruhi tingkat kerekatan dari tanah. Harus diingat bahwa pada percobaan ini state tanah adalah dari kondisi plastis ke kondisi solid. Pengurangan air dari kondisi jenuh ke kondisi transisi sampai kondisi tidak jenuh akan mengubah tingkat kepekatan dari tanah tersebut. Sangat mungkin faktor adhesi yang tinggi terjadi saat kepekatan tanah ekspansif ini mendekati kepekatan semacam bahan semen sehingga memiliki adhesi yang kuat dengan baja.

Hal kedua yang mungkin harus diperhitungkan adalah bahwa tanah ekspansif merupakan tanah *unsaturated*, dimana tegangan air pori yang dimiliki adalah tegangan air pori negatif yang berpotensi menambah tegangan efektif sehingga kerekatan tanah dengan material baja

bertambah kuat, khususnya pada kondisi yang jenuh atau pseudo jenuh.

Perbandingan faktor adhesi tanah kelembungan beberapa authors dengan faktor adhesi tanah ekspansif Citraland dapat dilihat pada Gambar 5. Pada *undrained shear strength* kurang dari 50 kPa nilai faktor adhesi tanah ekspansif Citraland umumnya menunjukkan nilai yang lebih kecil dari faktor adhesi tanah kelembungan yang ada, sebaliknya saat *undrained shear strength* mendekati nilai 50 kPa sampai 100 kPa, faktor adhesi tanah ekspansif Citraland memiliki kecenderungan lebih tinggi dibanding dengan faktor adhesi tanah kelembungan yang lain.



Gambar 5. Perbandingan grafik faktor adhesi tanah ekspansif Citraland dengan faktor adhesi tanah kelembungan dari beberapa authors.

Belajar dari fenomena tanah ekspansif Citraland, nilai faktor adhesi selain dipengaruhi oleh *undrained shear strength* juga sangat dipengaruhi beberapa faktor kelakuan tanah ketika mengalami variasi kadar air seperti plastisitas, tingkat derajat kejenuhan suatu tanah dan kekasaran material tiang. Dengan demikian untuk mendapat nilai faktor adhesi secara tepat harus diperhatikan sifat-sifat tanah secara hati-hati.

4 KESIMPULAN

Dari studi mengenai variasi kadar air tanah ekspansif Citraland maka dapat disimpulkan bahwa:

- Dengan melakukan representasi global variasi kadar air, maka dapat ditentukan beberapa hal penting bagi tanah

kelempungan seperti: batas susut, *air entry value*, zone jenuh dan tidak jenuh.

- Faktor adhesi tanah kelempungan, khususnya tanah ekspansif Citraland sangat dipengaruhi plastisitas, tingkat kejenuhan dan juga kekasaran material tiang yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badawi, B. & Indarto. 2010. Behaviour of expansive undisturbed and remolded soil under drying wetting cycles. *Seminar Nasional VI 2010 Teknik Sipil ITS*: 105-112
- Biarez, J., Fleureau J.M, Zerhouni.M., Soepandji.B.S 1988. Variations de volume des sols argileux lors de cycles de drainage-humidification. *Revue Française de Geotechnique*, No.41, pp 63-71.
- Indarto 2012. Kelakuan tanah ekspansif serta akibatnya pada bangunan dan jalan sederhana. *ITS press* 2012 . pp 15-23
- Signor Clayton A. 2012. Driven Pile in Central Texas Expansive Soils. *Proceeding of the 37th Annual Conference on Deep Foundation Houston, TX, USA, Oktober 17 2012*: 21-30.
- Tan W.H, Lee C.Y., Sivadas T., 2008. Behaviour of clay-steel interfaces. *International conference on construction and building technology*,: 11-20.
- Tiwari B., Ajmera B., Kaya G. 2010. Shear strength reduction at soil structure interface. *GeoFlorida 2010: Advance in Analysis, Modelling & Design*, No.41 :1747-1756.
- Tjandra D., Indarto, R.A.A. Soemitro 2013 The effects of water content variation on adhesion factor of pile foundation in expansive soil. *Civil Engineering Dimension Journal* Vol. 13 No.2, pp 114-119
- Tomlinson M.J. 1994. Pile design and construction practice *London: E& FN* pp 108-109
- Tomlinson M.J. 2001. Foundation design and construction. Prentice Hall pp 292-293