

PENGARUH KEPADATAN TIMBUNAN TANAH EKSPANSIF TERHADAP FRIKSI TIANG PONDASI

Stefanus Brian Juan Nday¹, Kevin Hartanto Wijaya², Gogot Setyo Budi³ and Daniel Tjandra⁴

ABSTRAK: Kapasitas friksi pada tiang pondasi merupakan salah satu elemen penting dalam penentuan daya dukung pondasi. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh kepadatan tanah ekspansif terhadap friksi tiang pondasi. Dua jenis tiang pondasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *driven pile* dan *drilled shaft*. Tiga variasi kepadatan tanah yang digunakan dengan kepadatan maksimum sama dengan kepadatan maksimum yang diperoleh dari Standard Proctor. Friksi tiang diperoleh dari gaya maksimum yang dapat diterima. Kemudian sampel direndam selama 2 jam untuk mengetahui *heaving* tanah dan gaya *uplift* tiang. Pengaruh perendaman terhadap friksi tiang dilakukan dengan penekanan tiang sampel setelah perendaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik pada kondisi *unsoaked* maupun *soaked*, friksi *drilled shaft* lebih besar dari *driven pile*. Pada *drilled shaft* friksi tiang meningkat seiring dengan bertambahnya kepadatan tanah. Sedangkan pada *driven pile*, kepadatan mempengaruhi kenaikan friksi tiang hanya pada kondisi *unsoaked*. Gaya *uplift drilled shaft* meningkat seiring dengan kepadatan tanah, sedangkan peningkatan kepadatan tanah tidak berpengaruh pada gaya *uplift driven pile*

KATA KUNCI: tanah ekspansif, friksi tiang, kepadatan tanah, gaya *uplift*, *driven pile*, *drilled shaft*.

1. PENDAHULUAN

Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang volumenya berubah seiring dengan perubahan kadar air. Kembang susutnya volume tanah dipengaruhi oleh *smectite*, yaitu golongan mineral lempung (*clay mineral*) yang merupakan mineral hasil dari pelapukan dan alterasi hydrothermal derajat rendah yang menyebabkan menyusut serta berkembangnya tanah. *Smectite* mencakup semua mineral yang diklasifikasikan dalam kelompok *montmorillonite* dari lapisan silikat yang dapat mengembang (Borchardt, 1977). Lempung ekspansif dapat mengembang secara terus menerus bahkan setelah mencapai kondisi konsolidasi penuh dikarenakan proses hidrasi pada *montmorillonite* yang berjalan terus (Zou et al, 2018). Perubahan kondisi tanah yang diakibatkan kembang susutnya tanah dapat ini berakibat buruk untuk bangunan termasuk bangunan tingkat rendah atau perumahan, Kerusakan pada bangunan umumnya disebabkan karena pemadatan yang kurang panjang dari pondasi tiang yang kurang, dan masuknya air di *active zone* sehingga

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415108@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415119@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, gogot@petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, daniel@petra.ac.id

mengurangi daya dukung tanah. *Active zone* merupakan kedalaman tanah ekspansif yang kadar airnya berubah secara berkala oleh perubahan iklim musiman. Berdasarkan penyelidikan tanah yang dikemukakan Testana Engineering, ketebalan *active zone* di Surabaya sekitar 5 meter. Perubahan kadar air dalam tanah juga berpengaruh pada indeks plastisitas tanah yang menentukan kuat tahanan tanah tersebut terhadap tiang pondasi. Pemadatan akan berpengaruh terhadap tanah dan akan menyebabkan peningkatan kohesi dan ikatan antar tanah yang menghasilkan peningkatan kekuatan tanah. Hal ini menyebabkan kapasitas friksi dari tiang pondasi yang akan diuji meningkat. Efek pemadatan ini berpengaruh pada sekitar tiang serta ujung pondasi tiang. Efek pemadatan terlihat sangat jelas saat tumpukan tanah yang padat mengelilingi pondasi tiang yang berbentuk *drilled shaft* secara penuh. Dalam penelitian ini dibahas pengaruh kepadatan tanah terhadap friksi tiang (*drilled shaft* dan *driven pile*) baik dalam kondisi soaked maupun unsoaked. Tiang yang diuji merupakan *driven pile* dan *drilled shaft*. Gaya *uplift* dari pondasi tiang akibat perendaman juga dipelajari. Pada saat perendaman, diamati pula *heaving* dari tanah. Tiang yang diuji merupakan *driven pile* dan *drilled shaft*. *Driven pile* dan *drilled shaft* dimodelkan menggunakan tiang baja dan tiang beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Ekspansif

Menurut Borchardt (1997). Tanah ekspansif adalah tanah yang rentan terhadap perubahan volume besar (mengembang dan menyusut) yang secara langsung terkait dengan perubahan kadar air. Tanah dengan kandungan mineral ekspansif yang tinggi dapat membentuk retakan dalam di musim kering. Tanah dengan mineral lempung *smectite*, termasuk *montmorillonite* dan *bentonite*, memiliki kapasitas ekspansif yang paling tinggi. Pengaruh konten *montmorillonite* pada *swelling pressure* lebih signifikan pada kepadatan kering yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada kepadatan kering yang lebih rendah, pori-pori dari campuran cenderung memiliki ruang yang cukup untuk peningkatan volume akibat *montmorillonite* yang berhidrasi (Zou et al, 2018)

2.2. Kerusakan Bangunan

Kerusakan bangunan ini diakibatkan oleh mengembangnya tanah akibat perubahan volume. Penelitian yang sudah dilakukan oleh Budi (2016) menunjukkan akibat kembang susutnya tanah mengakibatkan pondasi tiang mengalami *settlement* karena tiang pondasi berada pada area *active zone*. Dan juga menunjukkan bahwa pondasi tiang akan mengalami perubahan kekuatan geser ketika terjadi perubahan kadar air dalam tanah.

2.3. Pengaruh *Water Content*

Penelitian tentang pengaruh kadar air oleh Tjandra (2013), yang mengatakan bahwa kohesi tanah pada saat tanah kering mencapai empat kali lebih kuat dari pada saat kondisi tanah basah. Dan pada penelitian laboratorium menunjukkan nilai kadar air 22.25% mempunyai kekuatan friksi hingga 8.7 kalinya dari tanah dengan kadar air 51.18%. Berlaku juga untuk kekuatan geser pada kondisi tanah *undrained* yang menunjukkan kekuatan geser pada tanah dengan kadar air sebesar 22.25% memiliki kekuatan geser hingga 8.2 kalinya dari tanah dengan kadar air 51,18%.

2.4. Pengaruh Pemadatan

Pemadatan tanah adalah modifikasi tanah menggunakan kekuatan dengan menghancurkan struktur tanah sehingga mengurangi batas porositas udara dan infiltrasi air. Menurut Aziz (2016), semakin besar daerah pemadatan, semakin tinggi pula kapasitas dari tiang pondasi tersebut. Pemadatan akan berpengaruh pada parameter tanah dan akan menyebabkan peningkatan kohesi dari tanah sehingga membuat tanah di sekitar tiang lebih stabil. Stabilitas struktur di sekitar tiang ini mengakibatkan peningkatan di kapasitas tiang.

2.5. Perilaku Swelling dari Tanah Ekspansif

Berdasarkan tentang *swelling* oleh Fattah (2016) daya hisap di tanah ekspansif cenderung berkurang dengan meningkatnya kadar air tanah. Di sisi lain, daya hisap berkurang dengan meningkatnya *swelling* tanah karena berkurangnya kontak antara partikel, menyebabkan partikel bergerak jauh dari satu sama lain. Jumlah air yang diserap meningkat seiring tingginya mineral *montmorillonite*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pembuatan Benda Uji

Penelitian membutuhkan material tanah ekspansif. Untuk tanah ekspansif berasal dari daerah Surabaya barat. Selain itu juga membutuhkan tulangan berupa baja dan beton. Pertama tanah degan kandungan air optimum dipadatkan pada *mold* berukuran diameter 6 inch. Variable pemadatan tanah untuk masing-masing tiang yaitu 25, 40 dan 56 pukulan. Tiap variable pukulan dibuat masing-masing 3 benda uji. Untuk uji coba dengan tiang baja, tanah yang sudah dipadatkan di pancang menggunakan tiang baja dengan diameter 1 cm hingga dasar dari *mold*. Sedangkan untuk tiang beton, tanah yang sudah dipadatkan di bor dengan diameter 1 cm dan dimasukan tulangan lalu di cor menggunakan campuran semen. Benda uji tiang baja maupun tiang bor setelah tiang berada didalam tanah lalu dibungkus dengan plastik selama satu hari untuk mengembalikan keadaan tanah akibat kerusakan, menunggu tiang beton kering dan mengurangi terjadinya penguapan air.

3.2. Uji Friksi

Uji friksi dilakukan pada masing-masing tiang baja maupun beton. Uji friksi dilakukan pada saat tanah kering atau dalam kondisi *unsoaked*. Uji friksi dilakukan pada alat *loading test* untuk mengetahui kapasitas friksi dari tiang pondasi.

3.3. Uji Uplift

Benda uji yang telah diuji friksi, direndam dengan air hingga menutupi bagian dari permukaan tanah Perendaman dilakukan selama 2 jam dan diamati gaya uplift dari masing-masing tiang setiap 15 menit. Pada saat perendaman juga diamati *heaving* dari tanah akibat perendaman.

3.4. Uji Friksi (Setelah Perendaman)

Setelah perendaman, benda uji kembali diuji dengan *loading test* pada kondisi *soaked* untuk mengetahui kapasitas friksi dari tiang pondasi setelah dilakukan perendaman selama 2 jam

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Tanah Ekspansif

Pada **Tabel 1** menunjukkan hasil dari *Liquid Limit*, *Plastic Limit* dan *Plasticity Index* mendapatkan hasil dari karakteristik tanah ekspansif masing-masing 109,52%, 32,27% dan 77,25%. Hal ini sesuai dengan kemukakan oleh Chen (1988) yaitu hasil *Liquid Limit*, *Plastic Limit* dan *Plasticity Index* masing-masing sebesar >35%, 25-35% dan >35%.

Tabel 1 Karakteristik Tanah

Jenis Pengujian	Hasil Uji
<i>Specific Gravity (GS)</i>	2,6
<i>Liquid Limit (LL)</i>	109,52%
<i>Plastic Limit (PL)</i>	32,27%
<i>Plasticity Index (PI)</i>	77,25%
<i>Optimum Water Content</i>	8,5%
<i>Maximum Dry Density (γ_d)</i>	1,49

4.2. Analisa Hasil Uji Friksi Tiang Baja *Unsoaked*

Setelah karakteristik tanah diuji dan ditentukan apabila tanah sesuai untuk penelitian yang akan dilakukan. Tanah dipadatkan ke dalam *mold* dan didiamkan selama 1 hari sebelum pengujian friksi tiang. Penurunan dari tiang baja adalah akibat dari tidak kuatnya tiang baja untuk menerima gaya tekan yang diberikan oleh alat. Kepadatan tanah mempengaruhi kapasitas friksi pada tiang pancang baja.. Sedangkan pada kepadatan 56 pukulan terlihat secara jelas perbedaan friksi yang terjadi antara tiang baja dan tanah, pada sampel penelitian 56 pukulan terdapat perbedaan friksi mencapai 2 kali lipat dari kepadatan 25 dan 40 pukulan.

4.3. Analisa Hasil Uji Friksi Tiang Beton *Unsoaked*

Kepadatan tanah mempengaruhi gaya gesek yang terjadi antara tiang beton dan tanah di sekelilingnya. Gaya gesek berkaitan erat dengan kapasitas friksi dari tiang beton. Hasil penelitian menunjukkan pada tiap tingkat kepadatan maka besarnya gaya gesek pun meningkat seiring dengan naiknya kepadatan tanah. Peristiwa ini sesuai dengan penelitian Aziz (2016) ketika tanah dipadatkan maka hasil friksi dari tiang beton atau baja pun menguat.

4.4. Analisa Hasil *Heaving* Tanah Saat Perendaman

Kenaikan *heaving* tanah akibat perendaman tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada masing-masing pukulan. Kecenderungannya adalah semakin padat tanah maka ketinggian tanah setelah proses perendaman lebih rendah karena tanah yang semakin padata membuat air tidak bisa masuk ke pori-pori tanah dengan mudah

4.5. Analisa Hasil Gaya *Uplift* Tiang Saat Perendaman

Pada gaya *uplift* tiang baja memiliki kapasitas friksi yang sama pada masing-masing pemadatan setelah terjadinya perendaman. Namu pada tiang beton kapasitas friksi cenderung meningkat seiring meningkatnya kepadatan tanah. Perbedaan kapaasitas friksi antara tiang baja dan tiang beton cukup signifikan. Bila keduanya dibandingkan, tiang beton memiliki kapasitas friksi setelah perendaman yang lebih tinggi dari pada tiang baja

4.6. Analisa Hasil Uji Friksi Tiang Baja *Soaked*

Hubungan antara gaya gesek dan naiknya tanah yang dipengaruhi variabel kadar air dengan cara perendaman selama 2 jam pada masing-masing sampel tanah pada tiang baja. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa kadar air menyebabkan sampel pada pemadatan yang berbeda memiliki kapasitas friksi yang hampir sama. Hal ini mungkin karena adanya air di tanah menyebabkan unsur kepadatan pada tanah berkurang dan tanah kembali ke kepadatan asal sehingga kapasitas friksi pada setiap sampel pun hampir sama. Fenomena ini berkaitan dengan penelitian Fattah M.Y (2016) dimana tanah menerima air terlalu banyak sehingga kemampuan tanah untuk mengembang menurun dikarenakan butiran tanah terlalu jauh satu sama lain dan daya hisap tanah berkurang dan menyebabkan factor kepadatan tidak lagi signifikan.

Perbandingan dari gambar juga menunjukkan bahwa hasil setelah mengalami perendaman lebih besar daripada sebelum perendaman. Hal ini mungkin terjadi dikarenakan tiang baja yang sebelumnya tidak dilapisi oleh tanah menjadi terlapisi dikarenakan air yang menyebabkan ikatan antar tanah berkurang dan tanah yang sebelumnya tidak melapisi tiang baja jatuh dan melapisi tiang baja. Menyebabkan naiknya kontak tanah dan tiang baja dan pada akhirnya mengakibatkan peningkatan besar gaya gesek.

4.7. Analisa Hasil Uji Friksi Tiang Beton Soaked

Pada hasil uji friksi tiang beton dalam kondisi *soaked* menunjukkan sampel pada pemadatan yang berbeda memiliki gaya gesek yang hampir sama. Kejadian ini terjadi pada semua sampel kecuali pada kepadatan 56 pukulan. Hal ini terjadi karena air menyebabkan kepadatan turun pada kepadatan 56 tanah cukup padat sehingga tingkat kontak antara tanah dan tiang beton berbeda dengan tingkat kepadatan sebelumnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Baik pada kondisi *unsoaked* maupun *soaked*, friksi *drilled shaft* lebih besar dari *driven pile*.
2. Pada *drilled shaft* friksi tiang meningkat seiring dengan bertambahnya kepadatan. Sedangkan pada *driven pile*, kepadatan mempengaruhi peningkatan friksi tiang hanya pada kondisi *unsoaked*
3. Gaya *uplift* tiang meningkat seiring dengan kepadatan tanah, sedangkan peningkatan kepadatan tanah tidak berpengaruh pada gaya *uplift driven pile*.

6. DAFTAR REFERENSI

- Aziz, A. A. (2016). The Effect of Improvement Surrounding Soil on Bored Pile Friction Capacity. *International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET)*. 7. 260-273.
- Borchardt, G. A. (1977). *Montmorillonite and Other Smectite Minerals*. Soil Science Society of America.
- Budi, G. S. (2017). Settlement of Residential Houses Supported by Piled Foundation Embedded in Expansive Soil. *Procedia Engineering*, 171, 454–460.
- Chen, Y.L. (1988). *Foundations on Expansive Soils*. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, 714-728.
- Fattah, M.Y., Al-Lami, A.H.S. (2016). Behavior and Characteristics of Compacted Expansive Unsaturated Bentonite-Sand Mixture. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*.
- Tjandra, D., Indarto, & Soemitro, R.A.A. (2013). The Effects of Water Content Variation on Adhesion Factor of Pile Foundation in Expansive Soil. *Civil Engineering Dimension*, 15(2).
- Zou, W., Ye, J., Han, Z. et al. (2018). Effect of Montmorillonite Content and Sodium Chloride Solution on the Residual Swelling Pressure of an Expansive Clay. *Environment Earth Science* 77: 677.