

Korelasi Nilai Perlawanan Konus terhadap Kuat Tarik Angkur Lipat Ganda

Agus Jajang Hendrawan¹, Tri Harianto², Abdul Rahman Djamaluddin² and Ahmad Bakri Muhiddin³

¹ Program Doktorat Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia, 92171

² Professor, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia, 92171

³ Associate Professor, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia, 92171

e-mail: hendrawanaj20d@student.unhas.ac.id

ABSTRAK

Sebuah jangkar tanah digunakan untuk menahan tegangan tarik yang disebabkan oleh beban, baik beban alami tanah maupun tekanan eksternal, kemudian meneruskan gaya tersebut ke dalam tanah. Jangkar tanah umumnya digunakan untuk mempertahankan bentuk tarik dan struktur daya lateral dalam konstruksi dinding, fondasi, menara transmisi, tiang, dermaga apung, mooring dolphin, dan bangunan lepas pantai. Berbagai jenis jangkar tanah telah banyak digunakan, seperti jangkar seret, heliks, pelat berbentuk lingkaran, dan kotak. Terutama untuk jangkar pelat besar, pemasangannya rumit karena harus digali terlebih dahulu sebelum pemasangan. Tantangan dalam rekayasa teknik terutama pada kondisi tanah kohesif (tanah lunak). Dengan pertimbangan ini, diperlukan pengembangan model inovatif yang lebih mudah dipasang tetapi tetap memiliki kapasitas tarik yang cukup besar. Penelitian ini menganalisis kapasitas tarik dengan menggunakan jangkar tanah tipe lipat untuk mengatasi masalah bangunan pada tanah lunak. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengembangkan model angkur tanah lipat ganda, sebagai modifikasi dari angkur lipat tunggal, angkur pelat persegi, lingkaran dan angkur bentuk bintang. Dari hasil pengujian kapasitas tarik angkur yang dilakukan di 2 lokasi dan 3 titik pengujian melalui penelitian ini ingin diketahui korelasi dan pengaruh perlawanan konus (q_c) dan perlawanan geser total (T_f) terhadap kapasitas tarik angkur. Sebelum melakukan pengujian kapasitas tarik dilakukan penyelidikan tanah dengan Cone Penetration Test (CPT) atau sondir untuk memperoleh kedalaman penanaman angkur, dan data perlawanan konus (q_c) dan perlawanan geser total (T_f) digunakan sebagai sandingan untuk melihat pengaruhnya terhadap kapasitas tarik. Dari hasil penelitian ini diperoleh peningkatan kapasitas tarik angkur lipat ganda secara signifikan dipengaruhi oleh perlawanan konus (q_c) rata-rata dan konsisten pada ketiga titik pengujian namun tidak terhadap perlawanan geser total (T_f).

Kata kunci : Kapasitas Tarik, Angkur Tanah, Tipe Lipat Ganda, Tanah Lunak

1. PENDAHULUAN

Dalam proses konstruksi sipil umumnya dijumpai tanah dengan daya dukung yang rendah. Hal ini sangat mempengaruhi berbagai tahapan proses konstruksi, dalam desain atau perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan, serta operasional dan perawatan. Tanah lunak merupakan masalah yang serius pada pembangunan konstruksi, karena memiliki daya dukung tanah yang rendah, pemampatan yang tinggi dan waktu konsolidasi yang panjang (Das, 1998). Tanah lunak adalah jenis tanah kohesif yang sebagian besar terdiri dari butiran sangat kecil, seperti lempung atau lanau, dengan karakteristik seperti gaya geser yang rendah, kemampatan yang tinggi, koefisien permeabilitas yang rendah, dan daya dukung yang rendah (Toha, F. X. 1989). Pada daerah tropis seperti Indonesia, masalah tanah lunak diperparah dengan tingginya tingkat infiltrasi, yang mengakibatkan rentan terhadap bencana dan tanah dasar dengan daya dukung yang rendah (Soon, dkk., 2013). Upaya penanganana tanah lunak dapat dilakukan dengan Perbaikan tanah (soil improvement) dengan stabilisasi untuk memperbaiki atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan atau perkuatan tanah (soil reinforcement) dengan memberikan material perkuatan untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah. Salah satu alternatif perkuatan tanah adalah sistem angkur tanah, Budania., et al (2016) menyatakan bahwa ground jangkar memiliki banyak keuntungan dari segi konstruksi, kinerja, dan biaya. Penelitian tentang penggunaan angkur telah banyak dilakukan sebelumnya, baik yang dilakukan secara analisis numerik, eksperimental, maupun pengujian skala lapangan yang menunjukkan beberapa perilaku dari angkur terhadap kapasitas tarik (pull-up capacity) dan pola keruntuhan tanah pada saat terjadi beban tarik. Studi-studi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Kame et al. (2012), Liu et al. (2013), Consoli et al. (2013), dan Niroumand dan Kassim (2013), menunjukkan bahwa kapasitas angkat dan cara kegagalan angkur tanah sangat dipengaruhi oleh bentuk angkur, rasio kedalaman penanaman, dan karakteristik tanah. Penelitian ini mengidentifikasi bahwa angkur dengan bentuk strip, persegi, melingkar, atau persegi panjang menunjukkan respons yang berbeda ketika dikenakan beban tarik, seperti yang ditunjukkan oleh Rowe dan Davis (1982). Merifield et al. (2003) juga menyelidiki dampak bentuk angkur terhadap kapasitas penarikan akhir menggunakan metode analisis batas tiga dimensi. Liao dan Hsu (2003) memperkenalkan angkur blade-underreamed baru dan mengkaji mekanisme penancangan angkur ini melalui uji tarik skala penuh dan simulasi numerik, dalam penelitian ini diketahui bahwa angkur ini memiliki kapasitas penarikan yang lebih tinggi daripada angkur poros. Dalam studi lain Zhang (2006) melaporkan pengembangan angkur inovatif berbentuk payung (US) yang dapat mengembang dan memberikan daya dukung tanah yang tinggi, pengaplikasiannya

dilakukan pada proyek penggalian di Shanghai, Cina, dengan hasil pemantauan lapangan yang memverifikasi efektivitasnya dalam mengurangi deformasi penggalian. Sejumlah penelitian sebelumnya mengenai angkur dengan pelat masif menunjukkan bahwa pemasangannya memerlukan penggalian terlebih dahulu, yang bisa menyebabkan kesulitan dalam proses instalasi angkur, oleh karena itu, diperlukan inovasi baru untuk mengembangkan model angkur yang lebih mudah dipasang namun tetap memiliki kapasitas tarik yang tinggi (Chalmovský.J, dan Stefanak.J. 2015). Dalam mengukur kuat tarik angkur diperlukan metode yang sederhana dan cepat untuk memperoleh kapasitas maksimum angkur, pengujian penetrasi kerucut (CPT) atau sondir dianggap sebagai salah satu tes in situ yang paling efektif dalam karakterisasi tanah. CPT adalah tes yang sederhana, cepat, andal, dan ekonomis yang dapat memberikan gambaran konsistensi lapisan tanah secara kontiniu. CPT mengukur resistansi ujung kerucut (q_c) dan perlawanan geser (f_s) secara bersamaan dalam pengujian. Beberapa metode analisis hasil data CPT untuk menentukan kapasitas maksimum tiang (Q_p), diantaranya adalah Aoki dan De Alencar (1975), Schmertmann (1978), Penpile (Clisby et al., 1978), De Ruitter dan Beringen (1979), Philipponnat (1980), Bustamante dan Gianceselli (LCPC, 1982), Tumay dan Fakhroo (1982), serta Price dan Wardle (1982). Kapasitas beban aksial juga dihitung menggunakan parameter kekuatan tanah dengan metode statis a dan metode tegangan efektif b (Fellenius, 1991). Kapasitas tiang pancang yang diperkirakan menggunakan metode CPT, metode statis α , dan metode β dibandingkan dengan kapasitas tiang yang diukur melalui uji beban. Pendekatan tidak langsung dalam manantukan kapasitas tiang dari hasil pengujian CPT, data seperti perlawanan konus (q_c) dan perlawanan geser (f_s) digunakan untuk memperkirakan parameter tanah, seperti kekuatan geser tak terkonsolidasi (S_u), sudut gesekan internal (ϕ), dan modul elastisitas (E_s). Parameter-parameter ini kemudian digunakan untuk menghitung kapasitas tiang dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari metode semi-eksperimental atau analitis (Eslami dan Fellenius, 1997). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode prediksi dalam memperkirakan kapasitas tarik angkur lipat ganda menggunakan data Cone Penetration Test (CPT) atau sondir. Fokus utama penelitian adalah memahami hubungan antara parameter perlawanan konus (q_c) dan kapasitas tarik maksimum dari jangkar lipat ganda. Studi ini juga akan mengeksplorasi pengaruh perlawanan geser total (T_f) terhadap kapasitas tarik jangkar lipat ganda. Dengan menganalisis hubungan antara q_c , T_f , dan kapasitas tarik maksimum, penelitian ini bertujuan untuk memberikan estimasi yang lebih akurat dan andal dalam menentukan kapasitas tarik jangkar lipat ganda.

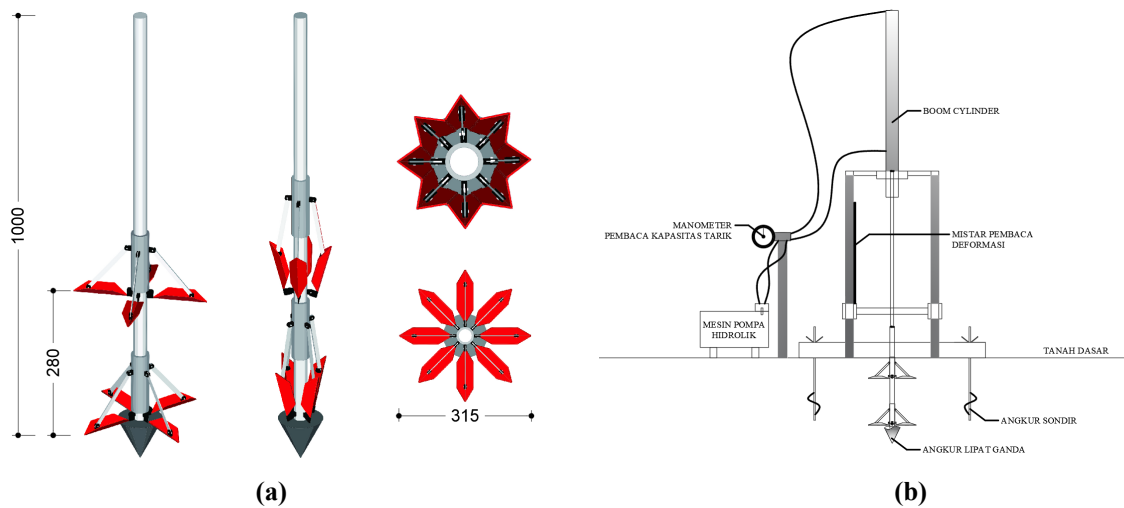
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen lapangan skala penuh pada tiga titik di dua lokasi yang berbeda. Eksperimen lapangan ini bertujuan untuk mendapatkan data empiris yang akurat mengenai kapasitas tarik angkur lipat ganda, dengan fokus pada variasi kondisi tanah di kedua lokasi tersebut.. Untuk langkah pertama pengujian lapangan dilakukan persiapan lokasi penelitian pada daerah tanah lunak, yaitu untuk lokasi pertama di sekitark muara sungai Kariango (Kab.Pinrang) dan lokasi kedua di sekitar muara sungai Cenranae (Kab. Bone) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya satu set alat uji Cone Penetration Test (CPT) atau sondir hidrolik dan perlatan pembacaan kuat tarik angkur, dalam pengujian kapasitas tarik dilakukan dengan alat yang sama yaitu CPT-hidrolik yang telah dimodifikasi dengan menambah manometer (dial) pada valve untuk pembacaan kapasitas tarik dan pembacaan deformasi dengan meteran/ mistar.



(a) (b)
Gambar 1. Lokasi pengujian, (a) lokasi Kab. Pinrang, (b) lokasi Kab. Bone

Sampel uji angkur lipat ganda terdiri dari berbagai elemen yang masing-masing terbuat dari material baja. Proses pembuatan dan perakitan elemen angkur melibatkan pemotongan dan pengelasan. Spesifikasi material penyusun angkur diantaranya, batang angkur (rod) terbuat dari baja pipa stang sondir, daun angkur, engsel, dan penopang pada daun dibuat dari baja siku dengan mutu BJ 37 dengan ketebalan 2 mm. pipa baja digunakan sebagai poros yang dapat bergerak naik turun saat angkur terbuka dan tertutup, konus pada ujung angkur dibuat runcing dari plat baja dengan mutu BJ 37 setebal 2 mm, yang terlebih dahulu dibentuk menjadi setengah lingkaran dan kemudian dimodelkan menjadi kerucut.



Gambar 2. (a) Rancangan model angkur lipat ganda, (b) skema pengujian kapasitas tarik angkur

Pada Gambar 2 ditunjukkan rancangan dimensi angkur seperti stang rod dengan panjang 1 meter, engsel angkur berukuran 10 x 10 mm sebanyak 32 buah. penopang daun angkur berukuran 120 x 15 mm sebanyak 8 buah. pipa baja berdiameter 40 mm sebanyak 2 buah, yang dapat bergerak ke atas dan ke bawah, daun angkur terbuat dari plat baja siku dengan panjang 120 mm dan lebar satu sisi 20 mm, dan kerucut dengan diameter 100 mm dan tinggi 100 mm. Pada tiap lokasi penelitian, terlebih dahulu dilakukan pengujian CPT atau sondir dengan mengikuti prosedur dan standar yang diatur dalam SNI 2827:2008, dengan konus yang digunakan dalam pengujian telah disesuaikan berdasarkan standar ASTM D 3441. Setelah data CPT atau sondir telah diketahui dan menunjukkan karakteristik lapisan tanah lunak dilakukan persiapan untuk pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda, dengan menggunakan alat yang sama yaitu CPT-hidrolik. Angkur dimasukkan ke dalam tanah lunak dengan terlebih dahulu melakukan penggalian sebagai media penghantar angkur untuk berpenetrasi, selanjutnya angkur ditekan hingga kedalaman rencana yang telah ditentukan dari hasil uji CPT atau sondir. Pengujian kapasitas tarik dilakukan dengan tahapan diantaranya penyetingan alat cpt-hidrolik, penempatan sampel (angkur lipat) pada titik uji dengan sebelumnya melakukan penggalian ± 50 cm untuk media penyaluran angkur dan memastikan dalam posisi tertutup, memasukkan angkur ke dalam tanah dengan cara menekan as stang rod sampai pada kedalaman tertentu untuk kemudian dilakukan penyambungan stang rod. Proses ini dilakukan sampai pada kedalaman yang dikehendaki atau sampai angkur telah sulit berpenetrasi ke dalam tanah, selanjutnya melakukan uji kapasitas tarik, dengan menarik keatas stang penghubung (rod) dan melakukan pembacaan pada manometer tegangan tarik, pembacaan tegangan tarik dilakukan tiap 1 cm sampai tegangan konstan dan dilanjutkan pembacaan tiap 10 cm sampai angkur tertarik keluar (pull out)

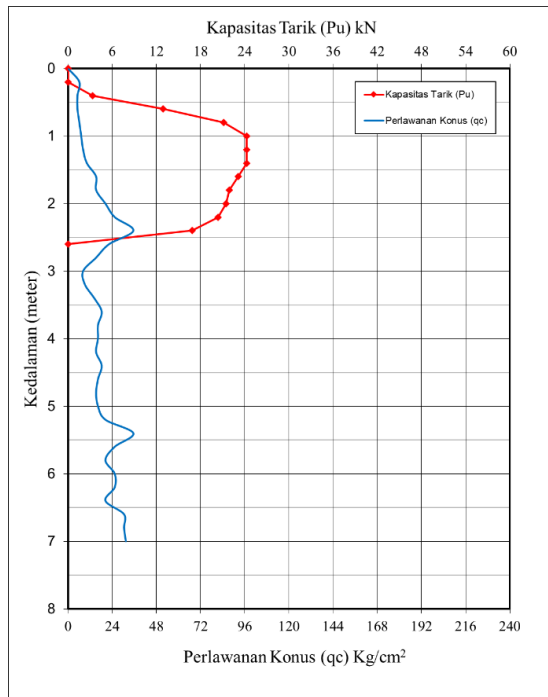
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji Cone Penetration Test (CPT) atau sondir diperoleh kedalaman penanaman angkur 3 m, dari beberapa titik diketahui bahwa pada perlawanan konus (q_c) > 30 kg/cm² angkur lipat kesulitan untuk berpenetrasi bahkan tidak dapat lagi menembus lapisan tanah, sehingga dari dua lokasi pengujian pada kedalaman 3 meter saat dilakukan pengujian angkur telah kesulitan untuk berpenetrasi. Pada Tabel 1 diperlihatkan perlawanan konus (q_c) rata-rata dan jenis tanah pada dua lokasi pengujian berdasarkan grafik tipe perilaku tanah (SBT), Robertson (2010).

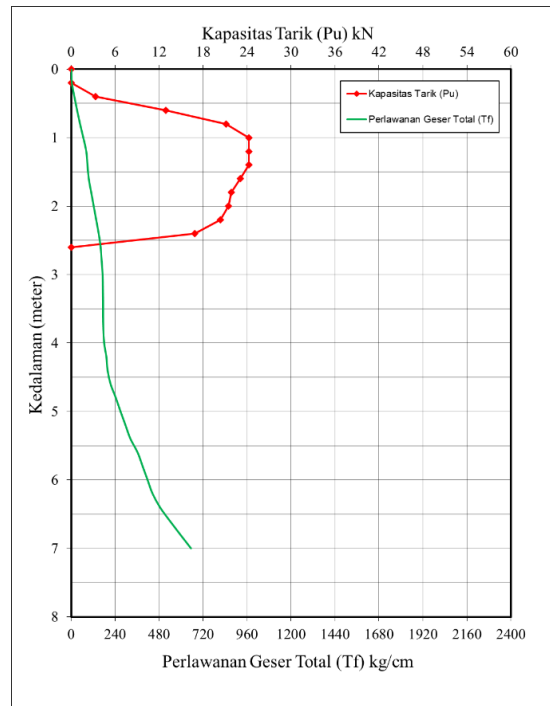
Tabel 1. Hasil penyelidikan Cone Penetration Test (Sondir)

Lokasi	Kedalaman (m)	q_c Ave / Pa	R_f Ave	Jenis Tanah
Kab. Pinrang	0.00 - 1.40	5.94	8.72	Clay - Silty clay to clay
	1.40 - 3.00	21.24	2.7	Silt mixtures - clayey silt to silty clay
Kab Bone	0.00 - 2.60	1.55	4.19	Organic Soil - Clay
	2.60 - 3.60	21.44	1.70	Silt mixtures - clayey silt to silty clay

Pada gambar 3 ditunjukkan hasil pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda di lokasi Kab. Pinrang titik 1 yang disandingkan dengan perlawanan konus (q_c) dan perlawanan geser total (T_f). Kapasitas tarik maksimum angkur adalah 24.28 kN. Pada lapisan tanah dengan kapasitas tarik maksimum diperoleh perlawanan konus (q_c) rata-rata 12.77 kg/cm² dan perlawanan geser total (T_f) 89.99 kg/cm.



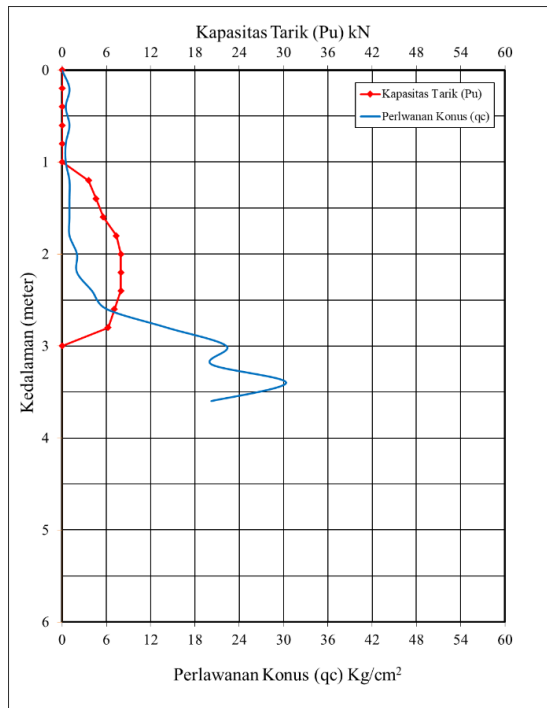
(a)



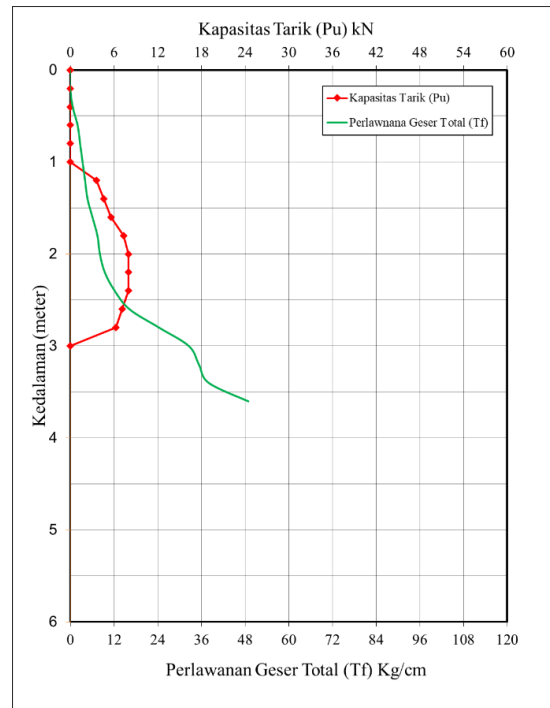
(b)

Gambar 3. Hasil pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda lokasi Kab. Pinrang titik 1, (a) korelasi terhadap perlawanan konus, (b) korelasi terhadap perlawanan geser

Hasil pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda di Kab. Bone titik 2 diperoleh kapasitas tarik maksimum adalah 7.98 kN dengan perlawanan konus (q_c) rata – rata pada kedalaman 3 m dimana kapasitas tarik maksimum tercapai adalah 6.79 kg/cm^2 dan perlawanan geser total (Tf) rata – rata adalah 13.50 kg/cm . Sandingan hasil pengujian kapasitas tarik angku terhadap perlawanan konus (q_c) dan perlawanan geser total (Tf) ditunjukkan pada Gambar 4



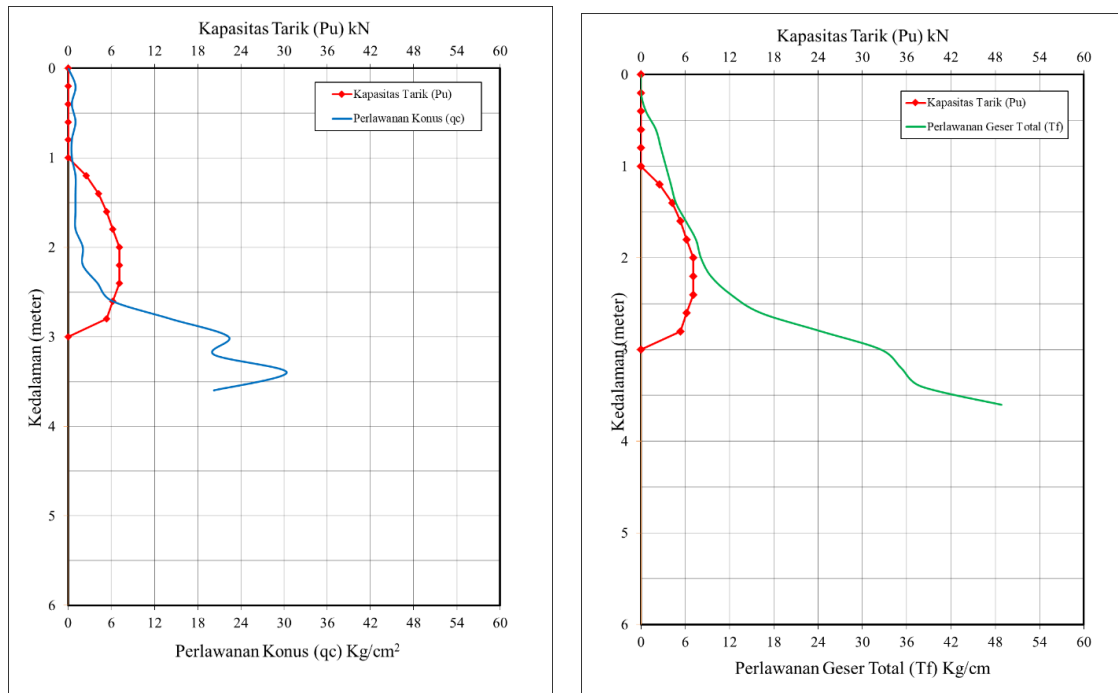
(a)



(b)

Gambar 4. Hasil pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda lokasi Kab. Bone titik 2 (a) korelasi terhadap perlawanan konus, (b) korelasi terhadap perlawanan geser

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda di Kab. Bone titik 3 yang disandingkan dengan perlawanan konus (q_c) dan perlawanan geser total (Tf). Kapasitas tarik maksimum yang diperoleh adalah 7.09 kN dengan perlawanan konus (q_c) rata – rata pada kedalaman 3 m dimana kapasitas tarik maksimum tercapai adalah 5.51 kg/cm^2 dan perlawanan geser total (Tf) rata – rata adalah 34.54 kg/cm .



(a) (b)
Gambar 5. Hasil pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda lokasi Kab. Bone titik 3 (a) korelasi terhadap perlawanan konus, (b) korelasi terhadap perlawanan geser

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kapasitas tarik angkur lipat ganda diperoleh pada dua lokasi di 3 titik diperoleh bahwa peningkatan nilai perlawanan konus (q_c) berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas tarik angkur lipat ganda, sedangkan terhadap perlawanan geser total (T_f) pada titik 1 menunjukkan pengaruh peningkatan nilai perlawanan geser terhadap kapasitas tarik angkur lipat ganda, tapi pada titik 2 dan 3 peningkatan perlawanan geser total rata-rata tidak berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas tarik. Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa peningkatan kapasitas tarik angkur lipat ganda secara signifikan dipengaruhi oleh perlawanan konus (q_c) rata-rata dan konsisten pada 3 titik pengujian

DAFTAR PUSTAKA

- Aoki, N., and De Alencar, D. (1975). "An approximate method to estimate the bearing capacity of piles." Proc., 5th Pan-American Conf. Of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Buenos Aires, Vol. 1, 367–376
- Budania, Ravindra, et al. "Soil Nailing for Slope Stabilization: An Overview Soil Nailing for Slope Stabilization: An Overview." 2016.
- Bustamante, M., and Gianceselli, L. (1982). "Pile bearing capacity predictions by means of static penetrometer CPT." Proc., 2nd European Symposium on Penetration Testing, ESOPT-II, Amsterdam, The Netherlands, Vol. 2, 493–500
- Chalmovský, J., and Stefanak, J. 2015. An innovative approach to the design of ground anchors . USA : SGEM, 2015.
- Clisby, M. B., Scholtes, R. M., Corey, M. W., Cole, H. A., Teng, P., and Webb, J. D. 1978. An evaluation of pile bearing capacities, Volume I, Final Report, Mississippi State Highway Department
- Consoli, N.C., Ruver, C.A. and Schnaid, F. (2013), "Uplift performance of anchor plates embedded in cement-stabilized backfill", J. Geotech. Geoenviron. Eng. – ASCE, 139(3), 511-517.
- De Ruiter, J., and Beringen, F. L. ~1979!. "Pile foundations for large North Sea structures." Mar. Geotech., 3(3), 267–314.
- Eslami A, Fellenius BH (1997) Pile capacity by direct CPT and CPTu methods applied to 102 case histories. Can Geotech J 34(6):886–904
- Kame, G.S., Dewaikar, D.M. and Choudhury, D. (2012), "Pullout capacity of vertical plate anchors in cohesion-less soil", Geomech. Eng., Int. J., 4(2), 105-120.
- Liao, H.J. and Hsu, S.T. (2003), "Uplift behavior of blade-underreamed anchors in silty sand", J. Geotech. Geoenviron. Eng. – ASCE, 129(6), 79-95.
- Liu, H., Wang, C. and Zhao, Y. (2013), "Analytical study of the failure mode and pullout capacity of suction anchors in clay", Ocean Syst. Eng., Int. J., 3(2), 187-194.
- Merfield, R.S., Lyamin, A.V., Sloan, S.W. and Yu, H.S. (2003), "Three-dimensional lower bound solutions"
- Niroumand, H. and Kassim, K.A. (2013), "A review on uplift response of symmetrical anchor plates embedded in reinforced sand", Geomech. Eng., Int. J., 5(3), 187-194.
- Philipponnat, G. (1980). "Methode pratique de calcul d'un pieu isole a l'aide du penetrometre statique." Rev. Fr. Geotech., 10, 55–64.
- Robertson, P. K., & Cabal, K. L. (2010). Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Gregg Drilling & Testing, Inc.
- Rowe, R.K. and Davis, E.H. (1982a), "The behavior of anchor plates in clay", Geotechnique, 32(1), 9-23.
- Rowe, R.K. and Davis, E.H. (1982b), "The behavior of anchor plates in sand", Geotechnique, 32(1), 25-41.
- Schmertmann, J. H. (1978). "Guidelines for cone penetration test, performance and design." Rep. No. FHWA-TS-78-209, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 145.
- Soon, N. W., Lee, L. M., Khun, T. C., dan Ling, H. S. (2013). "Improvements in engineering properties of soils through microbial-induced calcite precipitation". KSCE Journal of Civil Engineering, 17(4), pp. 718–728
- Toha, F. X. 1989. Karakteristik Konsolidasi Lempung Lunak Banjarmasin. Bandung : National Symposium on Soft Soil and Landslides. HATTI, 1989.
- Tumay, M. Y., Boggess, R. L., and Acar, Y. (1982). "Subsurface investigation with piezocone penetrometer." Proc., Cone Penetration Testing and Experience, ASCE, New York, 325–342.
- Tumay, M. T., and Fakhroo, M. (1982). "Friction pile capacity prediction in cohesive soils using electric quasi-static penetration tests." Interim Research Rep. No. 1, Louisiana Department of Transportation and Development, Research and Development Section, Baton Rouge, La.
- Zhang, J.H. (2006), "Study on effect of umbrella-shaped self-expanding anchor after its application", Rock Soil Mech., 27(5), 842-845.