

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI AKIBAT PERBEDAAN METODE KONSTRUKSI PONDASI DALAM

Budijanto Widjaja¹, dan Sri Ratna Wahyuningsih¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan
Email: geotek.gw@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan empat macam tiang, yaitu pondasi tiang bor, continuous flight auger (CFA), full displacement pile (FDP), dan full displacement pile dengan expander body dengan panjang tiang 9.5 m. Tiang bor, CFA, FDP dan FDP dengan expander body masing-masing berdiameter 62 cm, 45 cm, 45 cm, dan 22 cm. Setiap tiang ini yang berbeda metode konstruksinya kemudian dilakukan uji pembebanan tiang skala penuh, kecuali untuk tiang FDP dengan expander body menggunakan Osterberg-Cell. Penelitian bertujuan untuk membandingkan beberapa metode analisis penentuan daya dukung untuk empat jenis tiang yang berbeda dari metode konstruksinya. Hasil analisis daya dukung secara konvensional menggunakan metode kurva t-z dan q-z memberikan nilai daya dukung relatif lebih tinggi sebesar 13%-15% dibandingkan dengan hasil uji pembebanan tiang. Analisis dengan Plaxis pada FDP dengan expander body menghasilkan nilai daya dukung yang lebih rendah daripada hasil uji Osterberg Cell.

Kata kunci: *Continuous flight auger, full displacement pile, kurva t-z, kurva q-z*

COMPARISON OF FOUNDATION SUPPORTED FORCE DUE TO THE DIFFERENCES OF CONSTRUCTION METHOD OF DEPTH FOUNDATION

ABSTRACT

This research uses 4 types of piles as the objects, a bored pile, a continuous flight auger (CFA) pile, a full displacement pile (FDP), and a full displacement pile with an expander body, the depth for all piles is 9.5 m. The bored pile, CFA, FDP, and FDP with expander body have the following diameter: 62 cm, 45 cm, 45 cm, and 22 cm. Each pile, which has different construction method, is tested by full-scale static loading, excluding the FDP with expander body, it uses Osterberg-Cell. The research aims to know which analysis method best suits a particular kind of foundation and to compare each pile capacity. The pile capacity analysis conventionally using t-z and q-z curve gives 13%-15% higher estimation than the static loading test result. Analysis using Plaxis for FDP with expander body gives lower estimation than the Osterberg Cell test result.

Keywords: *Continuous flight auger, full displacement pile, t-z curve, q-z curve*

1. PENDAHULUAN

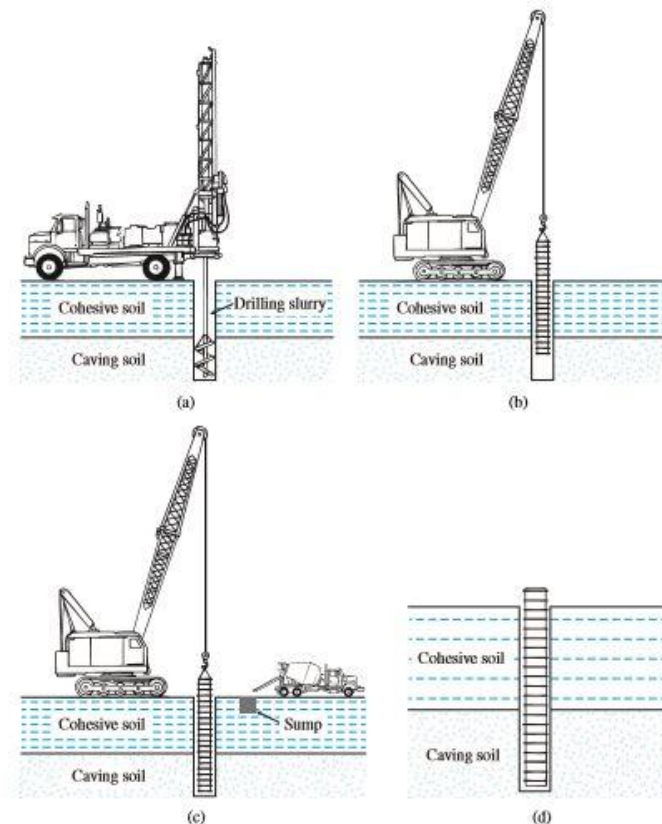
Dalam perkembangannya, ilmu geoteknik dalam perancangan pondasi terus mengalami kemajuan. Metode-metode konstruksi pondasi semakin mengalami peningkatan demi mencapai rancangan terbaik. Untuk evaluasi daya dukung pondasi, besar daya dukung pondasi sebaiknya mampu diprediksi dengan lebih baik terhadap hasil uji pembebanan tiang.

Demi mencapai hal ini, penelitian dilakukan dengan menggunakan beberapa metode analisis penentuan daya dukung konvensional dan penggunaan metode transfer beban (kurva $t-z$ dan kurva $q-z$) untuk pondasi dalam (*deep foundation*). Selanjutnya hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan hasil uji pembebanan tiang sehingga dapat diketahui metode mana yang paling mendekati kondisi lapangan.

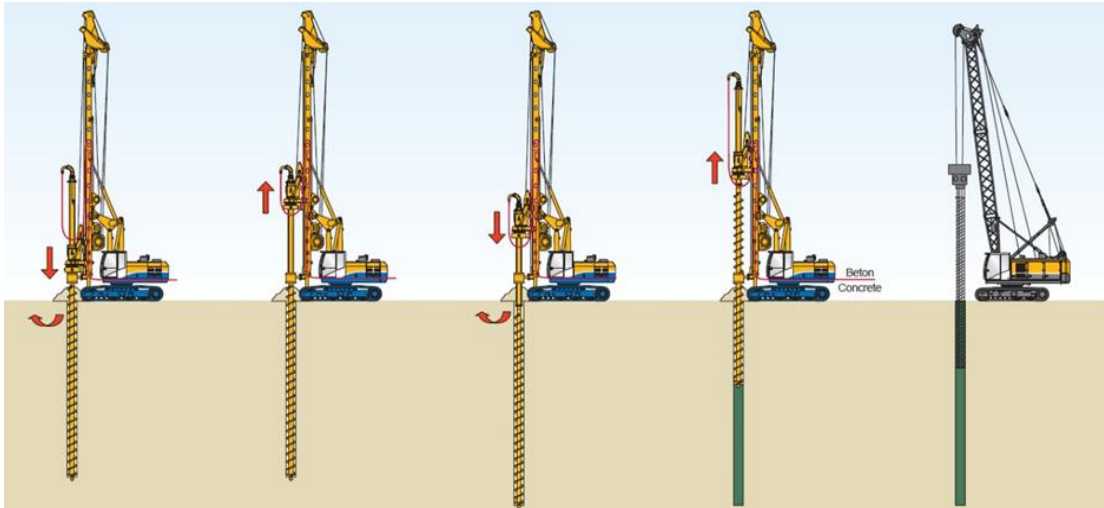
2. PONDASI TIANG BOR

Pondasi tiang bor (*bored pile*) merupakan istilah yang digunakan untuk struktur pondasi bangunan yang tanahnya dilubangi dengan bor kemudian dicor dengan beton. Oleh karena metode konstruksi ini, tiang bor disebut sebagai *non-displacement pile*. Proses konstruksi pondasi tiang bor menggunakan *slurry* ditunjukkan pada Gambar 1.

Pondasi *Continuous Flight Auger* (CFA) merupakan salah satu jenis pondasi tiang bor, di mana tanah dibor sampai kedalaman akhir dalam satu proses berkelanjutan menggunakan *auger* menerus. Proses konstruksi pondasi CFA ditunjukkan pada Gambar 2. Beberapa keuntungan penggunaan pondasi CFA, adalah pengerjaan yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan jenis tiang bor biasa dan beberapa jenis tiang pancang, potensi pergerakan tanah selama pengeboran kecil karena adanya desakan tanah oleh *auger*, pondasi CFA dapat dikonstruksi pada kondisi dengan akses terbatas, harga pondasi CFA relatif murah terutama jika digunakan pada proyek yang membutuhkan jumlah tiang yang sangat banyak, serta getaran dan tingkat kebisingan relatif lebih rendah.

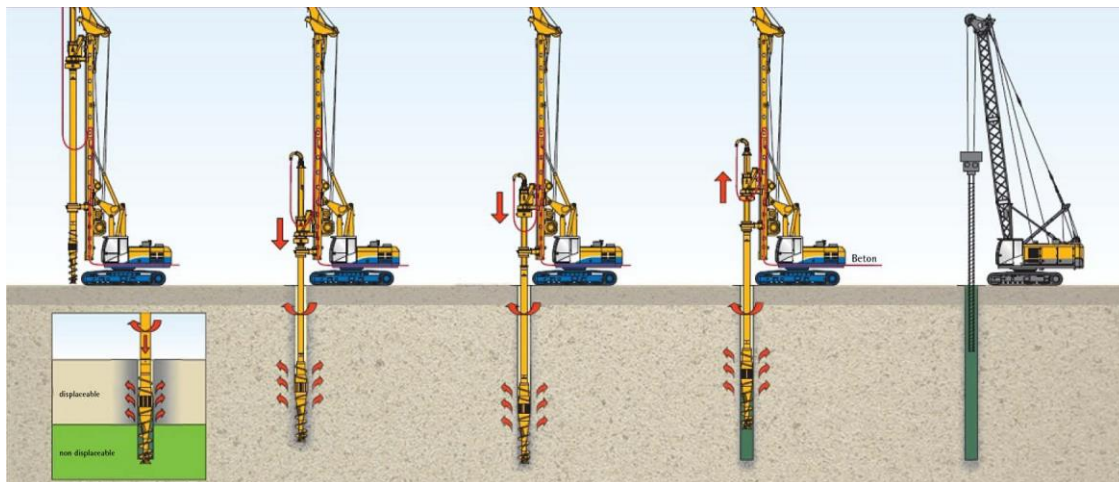


Gambar 1. Proses konstuksi pondasi tiang bor dengan *slurry* (Das, 2011)



Gambar 2. Proses konstruksi pondasi CFA (Bauer, 2017)

Pondasi *Full Displacement Pile* (FDP) termasuk jenis tiang pancang yang diinstalasi menggunakan *auger* khusus yang mendesak tanah secara lateral selama pelaksanaan konstruksinya. Proses konstruksi pondasi FDP ditunjukkan pada Gambar 3. Beberapa keuntungan penggunaan pondasi FDP adalah kapasitas beban yang dapat dipikul relatif lebih besar karena adanya *displacement* yang diberikan oleh auger pada tanah di sekeliling tiang, lahan konstruksi relatif lebih bersih, biaya ekonomis jika ditempatkan pada kondisi tanah yang tepat, dan getaran dan tingkat kebisingan yang dihasilkan rendah.



Gambar 3. Proses konstruksi FDP (Piling, 2015)

Meskipun banyak keuntungan yang diberikan oleh beberapa jenis pondasi tersebut, ternyata keahlian operator juga sangat berpengaruh terhadap kualitas pengeboran. Oleh karena itu, pelatihan dan pengembangan ilmu pondasi menjadi sangat penting untuk diberikan kepada para teknisi.

3. METODE

Penelitian ini berlokasi di Santa Cruz, Bolivia. Kondisi geoteknik diinvestigasi secara konvensional in-situ, dengan pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetrometer Test* dengan penukeran tekanan air pori (CPTu). Objek penelitian berupa empat tiang yang dikonstruksi dengan metode pemboran biasa, CFA, FDP, dan FDP dengan *expander body* pada dasar tiang. Keempat tiang tersebut memiliki panjang tiang yang sama yaitu 9.5 m.

3.1 Pondasi Tiang Bor Diameter 62 cm

Analisis daya dukung yang dilakukan untuk tiang bor menggunakan metode Reese dan Wright (1977) dan metode Kulhawy (1989). Dalam analisis transfer beban yang dilakukan, digunakan kurva *t-z* dan kurva *q-z* yang diusulkan oleh O'Neill dan Reese (1999).

3.2 Pondasi Continuous Flight Auger (CFA) Diameter 45 cm

Analisis daya dukung yang dilakukan untuk tiang CFA menggunakan metode Wright dan Reese (1979), metode LPC (1981), dan metode FHWA (Reese dan O'Neill)(1988). Dalam analisis transfer beban yang dilakukan, digunakan kurva t-z dan kurva q-z yang diusulkan oleh O'Neill dan Reese (1999).

3.3 Full Displacement Piles (FDP) Diameter 45 cm

Analisis daya dukung yang dilakukan untuk FDP menggunakan metode Eslami dan Fellenius (1997). Dalam analisis transfer beban yang dilakukan, digunakan kurva t-z dan kurva q-z model Vijayvergiya (1972), model Coyle dan Reese (1966), dan model Elastoplastis.

3.4 Full Displacement Piles (FDP) Diameter 22 cm dengan Expander Body Diameter 30 cm

Analisis daya dukung yang dilakukan untuk tiang FDP ini juga menggunakan metode Eslami dan Fellenius (1997). Kemudian dilakukan pengujian Osterberg-Cell yang dianalisis menggunakan software Plaxis 2D.

3.5 Kondisi dan Parameter Tanah

Jenis tanah di Bolivia didominasi oleh jenis pasir lanau 'silty sand' dan sedikit tanah lempung dengan plastisitas rendah (Tabel 1). Dalam menentukan berat isi tanah digunakan tabel klasifikasi tanah beserta nilai SPT (Coduto, 2001). Sudut geser dalam pada jenis tanah pasir dapat ditentukan berdasarkan korelasi dengan N_{SPT} (Peck, 1974). Nilai kohesi tanah lempung dapat diperoleh menggunakan grafik korelasi antara nilai SPT terhadap nilai kohesi tanah (Terzaghi dan Peck, 1967 dan Sowers, 1979).

Tabel 1. Parameter tanah yang digunakan

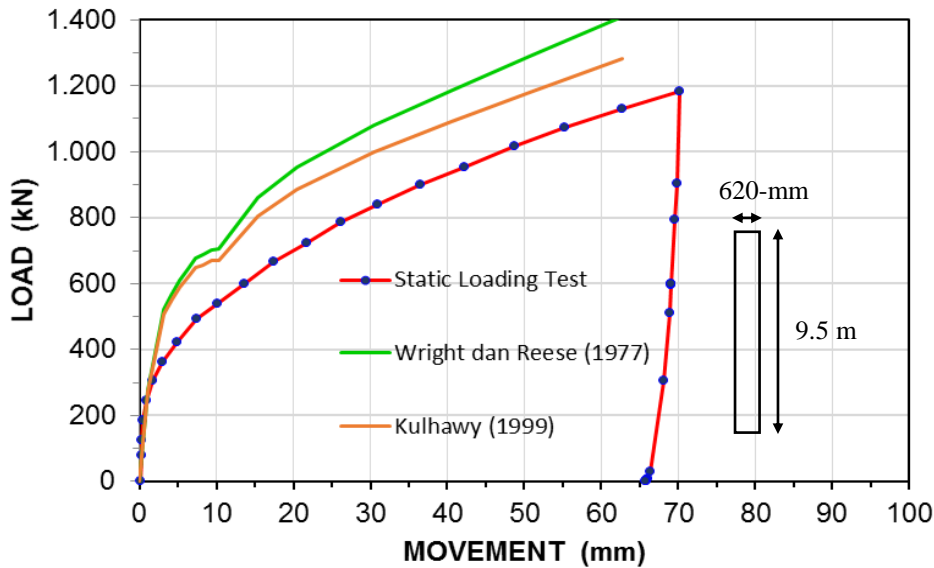
USCS	Deskripsi Tanah	N_{SPT}	ϕ°	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)
SM	Pasir Lanau	0 - 5	28.6	16.75	-
		6 - 10	32.3	16.75	-
		11 - 25	35.0	16.75	-
SP - SM	Pasir dan Lanau Bergradasi Buruk	14 - 18	34.0	17.50	-
CL	Lempung Plastisitas Rendah	0 - 5	-	15	29.3

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil prediksi dan hasil uji pembebanan tiang disajikan dalam bentuk kurva load-movement berikut ini sehingga dapat dilihat perbandingan di antara keduanya.

4.1 Pondasi Tiang Bor Diameter 62 cm (Tiang A3)

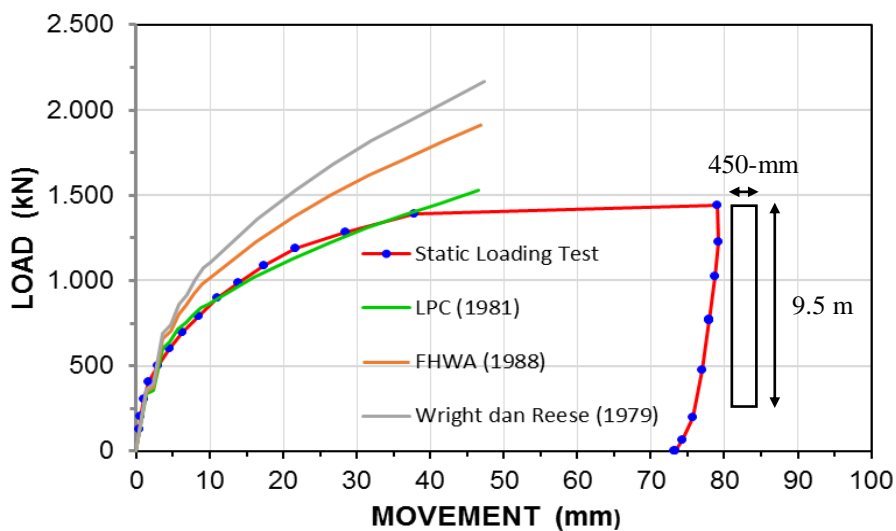
Hasil prediksi yang diberikan oleh metode Reese dan Wright dan metode Kulhawy cenderung memberikan daya dukung yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil uji pembebanan tiang. Meskipun demikian, kedua metode tetap menunjukkan hasil yang cukup konsisten. Perbandingan hasil prediksi dan hasil uji pembebanan untuk tiang A3 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva load-movement tiang pondasi bor (tiang A3)

4.2 Pondasi Continuous Flight Auger (CFA) Diameter 45 cm (Tiang B2)

Prediksi yang dihasilkan oleh metode LPC terlihat cukup akurat karena hampir menyamai hasil uji pembebanan tiang. Sedangkan hasil prediksi dengan metode Wright dan Reese dan metode FHWA melebihi hasil uji pembebanan tiang. Perbandingan hasil prediksi dan hasil uji pembebanan untuk tiang B2 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva load-movement tiang CFA (tiang B2)

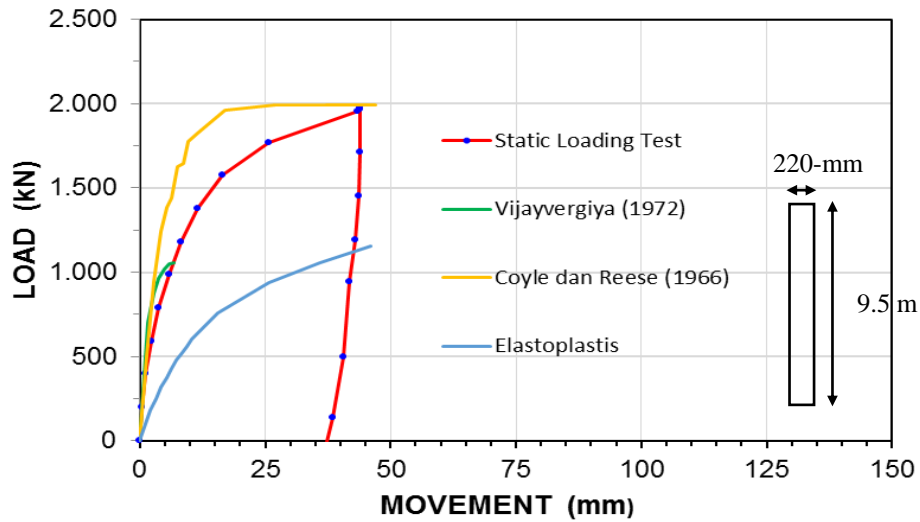
4.3 Full Displacement Piles (FDP) Diameter 45 cm (Tiang C2)

Hasil prediksi yang ditunjukkan ketiga model cukup bervariasi. Model Vijayvergiya dan model Elastoplastis menunjukkan hasil prediksi yang sangat rendah dibandingkan dengan uji pembebanan tiang, sedangkan model Coyle dan Reese menunjukkan hasil yang melebihi uji pembebanan tiang, namun hasil yang dicapai konstan setelah melewati titik tertentu. Perbandingan hasil prediksi dan hasil uji pembebanan untuk tiang B2 ditunjukkan pada Gambar 6.

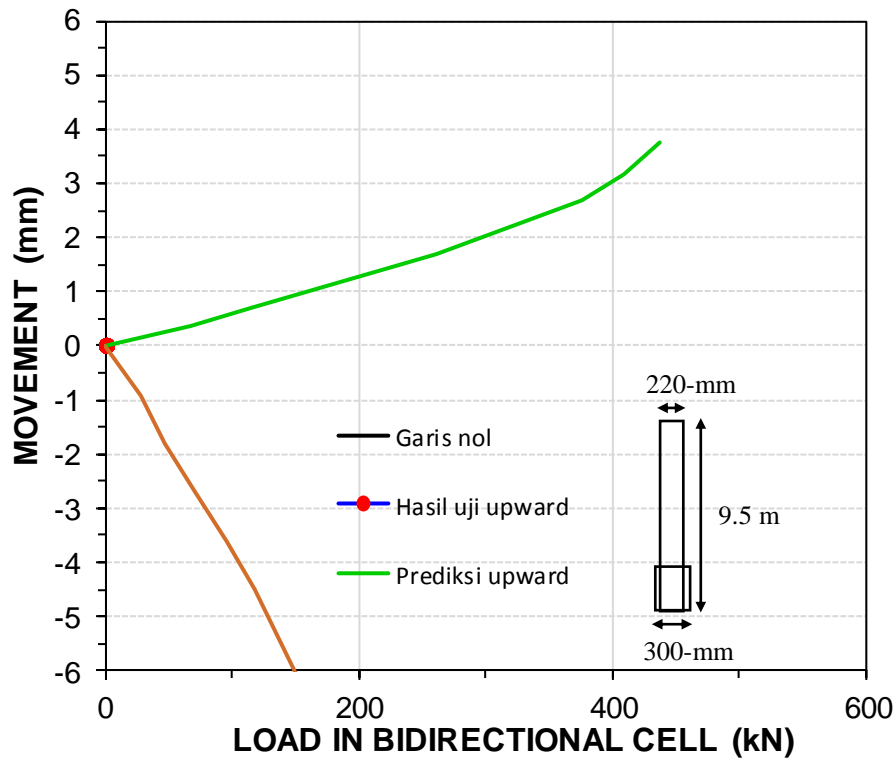
4.4 Full Displacement Piles (FDP) dengan perbesaran (Tiang E1)

Prediksi dengan menggunakan Plaxis 2D menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan hasil uji pembebanan tiang. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh pemilihan parameter desain yang lebih rendah dibandingkan kondisi sesungguhnya di lapangan (Gambar 7).

Dari hasil yang ditunjukkan oleh beberapa metode untuk beberapa jenis tiang, diketahui bahwa prediksi daya dukung pondasi dalam cenderung berada pada rentang yang masih dapat diterima jika dibandingkan dengan daya dukung dari hasil uji pembebanan tiang. Pemilihan parameter tanah, metode analisis, dan metode konstruksi di lapangan kemungkinan menyebabkan variasi daya dukung yang berbeda-beda. Dalam hal ini, prediksi yang digunakan dalam pemilihan parameter tanah, menggunakan beberapa korelasi empirik.



Gambar 6. Kurva load-movement tiang FDP (tiang C2)



Gambar 7. Kurva load-movement dua arah tiang pondasi FDP dengan perbesaran (tiang E1)

5. KESIMPULAN

Hasil prediksi menggunakan metode konvensional dan metode transfer beban menunjukkan bahwa untuk hampir semua tiang memberikan prediksi yang relatif cukup bervariasi terhadap hasil pembebanan tiang. Hal ini dapat diakibatkan salah satunya adalah parameter tanah dari korelasi empirik yang digunakan tidak bersesuaian

dengan kenyataan di lapangan. Untuk itu, dapat dilakukan *back analysis* dari hasil *loading test* untuk memperoleh parameter tanah yang lebih baik.

Selain itu, pilihan metode konvensional yang ada tidak dapat diterapkan untuk variasi tiang yang ada. Metode transfer beban memberikan keuntungan berupa kemampuan untuk memberikan informasi hubungan beban terhadap penurunan kepala tiang.

Terlihat bahwa masih banyak faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam memprediksi daya dukung pondasi dalam ini. Metode konstruksi di lapangan dan kualitas pengerjaan juga menjadi catatan penting untuk diperhatikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami berikan secara khusus Dr. Bengt H. Fellenius atas kesempatan mengikuti kegiatan prediksi daya dukung di Bolivia sebagai salah satu perwakilan negara Indonesia (Widjaja et al., 2017). Selain itu, kami ucapkan terima kasih juga kepada Albert Johan dan Finna Setiani Kristanto yang telah membantu dalam pengerjaan sehingga pada akhirnya penyusun dapat menyelesaikan makalah ini..

DAFTAR PUSTAKA

- Bauer (2017) Rotary Drilling Methods with BG-System. http://www.bauerpileco.com/en/products/construction/bauer_drilling_methods/
- Chin, F.K. (1970) Estimation of the Ultimate Load of Piles Not Carried to Failure. *Proceedings of the 2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering*, pp 81-90.
- Chin, F.K. (1971) Discussion on pile test. Arkansas River Project. *Journal for Soil Mechanics and Foundation Engineering*, ASCE, Vol. 97, SM 6, pp. 930-932.
- Coduto, D.P. (2001) *Foundation Design Principles and Practices*. Prentice Hall, 2nd ed. New Jersey. pp. 50.
- Das, B.M. (2011) *Principles of Foundation Engineering*. Cengage Learning, 7th ed. Stamford.
- Fellenius, B.H. (1975) *Test Loading of Piles Methods, Interpretation, and New Proof Testing Procedure*. ASCE, Vol. 101, G&9, pp. 855-869.
- Fellenius, B.H. (2006) *Basics of Foundation Design*. Electronic Edition. www.Fellenius.net, pp. 8-1 and 8-4.
- FHWA, NHI. (2016) *Design and Construction of Driven Pile Foundations*, Vol. 1. National Highway Institute, pp. 260-261.
- Kulhawy, F.H., and Jackson, C.S. (1989). Some Observations on Undrained Side Resistance of Drilled Shafts. *Proceedings, Foundation Engineering: Current Principles and Practices*, ASCE, Vol. 2, pp. 1011–1025.
- Mazurkiewicz, B.K. (1972) Test Loading of Piles According to Polish Regulations. *Preliminary Report No. 35*. Commission on Pile Research, Royal Swedish Academy of Engineering Services. Stockholm.
- O'Neill, M.W., Vipulanandan, C., Ata, A., and Tan, F. (1999) *Axial Performance of Continuous Flight Auger Piles for Bearing*. Center for Innovative Grouting Materials and Technology, University of Houston. Final Report to the Texas Department of Transportation, pp. 17-18, 20-25.
- Piling, LT. (2015) *Pile Types: FDP (Full Displacement)*. <http://ltpiling.lv/en/pile-types>
- Peck, R.B., Hanson, W.E., and Thornburn, T.H. (1974) *Foundation Engineering*. John Wiley and Sons, Inc., 2nd ed. New York.
- Reese, L.C., and Wright, S.J. (1977) Drilled Shafts: Design and Construction, Guideline Manual. *Construction Procedures and Design for Axial Load*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Vol.1, 140 pp.
- Sowers, G.F. (1974) *Soil Mechanics and Foundations: Geotechnical Engineering*. Macmillan Publishing Co., 4th ed. New York.
- Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Widjaja, B., Johan, A., Kristanto, F.S., and Wahyuningsih, S.R. (2017) *Pile Capacity Prediction*. 3rd Bolivian International Conference on Deep Foundations – Volume 3 (in press)