

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan Hasil Studi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gaya *pre-stress* pada angkur tanah memberikan pengaruh terhadap tekanan di sisi tertahan/belakang dinding galian, yaitu semakin besar gaya *pre-stress* yang diberikan, semakin besar tekanan tanah di sisi tertahan galian. Tekanan tanah di sisi tertahan galian mengalami penurunan hingga 0.183 kN/m^2 per penambahan 1 kN/m gaya *pre-stress*.

Besar tekanan tanah di sisi tertahan galian semakin besar seiring dengan peningkatan gaya *pre-stress*, dan peningkatan paling signifikan terjadi dari *pre-stress* sebesar 100 kN/m ke 300 kN/m , yaitu sebesar 247% di kedalaman 1 m , dan dari 300 kN/m ke 600 kN/m , yaitu sebesar 118% di kedalaman 1 m .

Besar gaya *pre-stress* memiliki pengaruh paling besar terhadap defleksi dinding penahan tanah, dengan pengaruh yang bervariasi terhadap kepadatan pasir, kedalaman galian, dan panjang pembenaman tanah. Besar defleksi dinding penahan tanah cenderung mengecil seiring dengan peningkatan kepadatan pasir yang diwakili oleh sudut geser pasir. Selain besar defleksi, arah defleksi dinding penahan tanah juga terpengaruh oleh *pre-stress*, yaitu semakin besar gaya *pre-stress* yang diberikan, defleksi dinding semakin ke sisi tertahan dinding. Defleksi dinding dapat dikurangi sebesar $0.005\text{--}0.083\%H_e$ setiap penambahan gaya *pre-stress* sebesar 50 kN/m . Tetapi, efek peningkatan F berkurang seiring dengan peningkatan H_e dan ϕ' .

Pre-stressing ankur tanah mengakibatkan koefisien gaya *pre-stress* yang diberikan cenderung mengecil seiring dengan peningkatan gaya *pre-stress* dan peningkatan kepadatan pasir, tetapi cenderung membesar seiring dengan peningkatan kedalaman galian.

Peran gaya *pre-stress* dalam mengurangi tekanan tanah di sisi tertahan pada galian lebih efektif pada galian dengan kedalaman yang dangkal dan H_p/H_e yang pendek dibandingkan dengan galian dengan kedalaman yang lebih dalam dan H_p/H_e yang panjang.

Panjang pembenaman dinding penahan tanah, bersamaan dengan pemberian *pre-stress* pada ankur tanah, mampu mengurangi defleksi dinding sebesar 0.002–0.095% H_e pada setiap penambahan H_p sebesar 0.25 H_e , tetapi pengaruh penambahan H_p/H_e cenderung berkurang seiring dengan peningkatan kepadatan pasir.

Koefisien tekanan lateral, K , di sisi tertahan (*retained side*) dinding memiliki kecenderungan nilai yang semakin besar pada setiap pertambahan kepadatan atau sudut geser pasir. Pada kedalaman 0.5 – 3 m nilai K tersebut lebih besar daripada nilai K_0 di sisi tertahan karena dekat dengan lokasi gaya *pre-stress*, dan lebih kecil daripada K_0 tapi lebih besar daripada K_a di kedalaman setelah 3 m. Hal tersebut merupakan penanda bahwa pada kedalaman dengan gaya *pre-stress*, tekanan aktif tanah termobilisasi penuh.

Besar defleksi di ujung atas dinding dari analisis dengan metode superposisi pada penelitian ini tiga kali lebih besar daripada besar defleksi di ujung atas dinding dari analisis dengan MEH. Perbandingan ini hanya berlaku untuk defleksi di ujung

atas dinding saja sehingga belum tentu dapat diterapkan untuk defleksi maksimum dinding.

6.2 Saran/Rekomendasi untuk Penelitian Lebih Lanjut

Penelitian ini merupakan kajian numerik dari model galian dengan metode elemen hingga dan hasil analisis dari penelitian ini merupakan hasil metode elemen hingga sehingga data pengukuran defleksi dinding penahan tanah di galian bertanah pasir dengan parameter yang berada di dalam batasan variasi parameter di penelitian ini diperlukan sebagai pembandingan untuk penelitian lebih lanjut.

Kurva hubungan antara defleksi dinding dengan besar gaya *pre-stress* ini hanya berlaku untuk defleksi dinding di ujung atas dinding, sehingga tidak dapat digunakan untuk memprediksi defleksi maksimum dinding. Oleh karena itu, perlu pengembangan dengan kajian parametrik lebih lanjut untuk menghasilkan estimasi defleksi maksimum.

Kajian parametrik ini tidak mempertimbangkan sejumlah parameter pada galian. Parameter yang dapat divariasikan untuk pengembangan penelitian ini adalah tinggi muka air tanah, stratifikasi tanah, ukuran *mesh*, dan parameter angkur tanah. Parameter angkur yang dapat divariasikan yaitu panjang *unbonded length* dan *bonded length* angkur, spasi horizontal angkur tanah, kedalaman pemasangan angkur, jumlah lapis angkur, dan sudut kemiringan angkur terhadap horizontal.

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan membandingkan hasil analisis di penelitian ini dengan pengukuran di lapangan pada proyek-proyek galian di pasir atau tanah dengan kondisi serupa dengan kedalaman 5–12 m dan ditahan

oleh angkur dengan *pre-stress*, sehingga dari hasil pengamatan di lapangan, *back analysis* dapat dilakukan terhadap parameter-parameter tanah.



DAFTAR PUSTAKA

- Blum, H. (1931). *Einspannungsverhältnisse bei Bohlwerken*. Ernst, Berlin.
- Bowles, J. (1997). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill.
- Brinkgreve, R.B.J., dan Shen, R.F. (2011). Structural Elements & Modelling Excavations in Plaxis, *PowerPoint presentation file*, Delft, the Netherlands.
- Brinkgreve, R.B.J., Zampich, L.M., Manoj, N.R. (Eds.) (2020). *Plaxis 2D CONNECT Edition V20 User Manual*, Plaxis bv, the Netherlands.
- Caquot, A. dan Kerisel, J. (1948). *Tables for the Calculation of Passive Pressure, Active Pressure, and Bearing Capacity of Foundations*. Gauthier-Villars, Paris.
- Chen, J.R. (2004). "Axial behavior of drilled shafts in gravelly soils", Ph.D. dissertation, Cornell University, Ithaca, New York.
- CICHE. (1996). *Criteria and Descriptions for Design and Construction of Anchors*, Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering, Taipei.
- Coulomb, C. A. (1776). Essai sur une application des regles de maxims et minimis a quelques problemes de statique, relatifs a l'architecture, Mem, Roy. des Sciences, Paris, vol. 3, pp. 38.
- Das, B.M. (2008). *Advanced Soil Mechanics*: 3rd ed. Taylor & Francis, New York.
- Duncan, J. dan Chang, C. (1970) "Nonlinear analysis of stress and strain in soils", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 96, Issue 5, pg. 1629-1653.
- Gibbs, H.J. dan Holtz, W.G. (1957). "Research on Determining the Density of Sands by Spoon Penetration Testing", Proc. 4th Inter. Conf. Soil Mech. Found. Eng. (London), Vol. I, p. 35.

- Elbaz, K., Shen, S.L., Tan, Y., Cheng, W.C. (2018). "Investigation into performance of deep excavation in sand covered karst: A case report", *Soils and Foundations*, 58, 1042-1058.
- Han, J.Y., Zhao, W., Chen, Y., Jia, P.J., Guan, Y.P. (2017). "Design Analysis and Observed Performance of a Tieback Anchored Pile Wall in Sand", *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2017, pp.1-23.
- Hatanaka, M. dan Uchida, A. (1996). "Empirical correlation between penetration resistance and internal friction angle of sandy soils", *Soils and Foundations*, vol. 36, no. 4, 1-9.
- Hsiung, B.C.B., Yang, K.H., Aila, W., Hung, C. (2016) "Three-dimensional effects of a deep excavation on wall deflections in loose to medium dense sands", *Computers and Geotechnics*, vol. 80, pp. 138-151.
- Jaky, J. (1944). "The coefficient of earth pressure at rest", *Journal of the Society of Hungarian Architects and Engineers* (in Hungarian), Vol. 8, No. 22, pp.355-358.
- Janbu, N. (1963). Soil compressibility as determined by oedometer and triaxial tests. *Prosiding ECSMFE Wiesbaden*, 1, 19-25.
- JSF (1990). *Design and Construction Criteria of Ground Anchors*, Japanese Soil and Foundation Society.
- Khoiri, M. dan Ou, C.Y. (2016). "Evaluation of deformation parameter for deep excavation in sand through case histories", *Computers and Geotechnics*, vol. 47, pp. 57-67.
- Kondner, R.L, dan Zelasko, J.S. (1963). "A Hyperbolic Stress Strain Formulation for Sands", *Prosiding 2nd Pan. Am. ICOSFE Brazil* 1, 289-394.
- Lim, A., Ou, C.Y. dan Hsieh, P.G. (2010). "Evaluation of Clay Constitutive Models for Analysis of Deep Excavation under Undrained Conditions", *Journal of GeoEngineering*, 5(1), 9-20.
- Mayne, P.W, dan Kulhawy, F.H. (1982). "K₀-OCR relationships in soil". *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 108, 851-872.

- National Bureau of Standards of China (2003). *Steel Strand for Prestressed Concrete* (GB/T 5224-2003). National Bureau of Standards, Beijing, China (in Chinese).
- Nikolinou, M.A., Whittle, A.J., Savidis, S., Schran, U. (2011). "Prediction and interpretation of the performance of a deep excavation in Berlin sand", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, volume 137, issue 11, 1047-1061.
- Ou, C.Y. (2006). *Deep Excavation: Theory and Practice*. Taylor & Francis, London.
- PTI (1980). *Recommendations for Prestressed Rock and Soil Anchors*, Post-Tensioning Institute, Phoenix, Arizona.
- Rankine, W.M.J. (1857). On stability on loose earth, *Philosophic Transactions of Royal Society*, London, Part I, pp. 9-27.
- Sabatini, P.J., Pass, D. G., Bachus, R. C. (1999). *Geotechnical Engineering Circular no. 4 Ground Anchors and Anchored Systems*. FHWA.
- Schanz, T., Vermeer, P.A. and Bonnier, P.G. (1999). The Hardening Soil Model: Formulation and Verification. Beyond 2000 in Computational Geotechnics-10 years of Plaxis, Balkema, Rotterdam, pp. 281-96.
- St. Clair, M.J.P. (2017). *Numerical Analysis of the Effect of Pre-Stress on Excavation Supports*. Graduate Thesis.
- Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. (2017), Badan Standardisasi Nasional.
- Teo, P.L. dan Wong, K.S. (2012). "Application of the hardening soil model in deep excavation analysis", *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering*, vol. 5, no. 3, 152-165.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Terzaghi, K., Peck, R.B., Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*: 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Tschebotarioff, G. P. (1978). *Foundation, Retaining and Earth Structures*: 2nd ed. McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo.

von Soos, P. (1990). Properties of soil and rock (dalam bahasa German). Dalam: *Grundbautaschenbuch Part 4*. Ernst & Sohn, Berlin.

Wang, X.Q., Zhen, T.Y., dan Liao, Z.Y. (2019). “Deformation characteristics of deep excavation for an interchange station based on the model of hardening soil”, *International Conference on Civil and Hydraulic Engineering*, Hohai University, Nanjing, China, 10-12 Mei.

Zhao, W., Han, J.Y., Chen, Y., Jia, P.J., Li, S.G., Li, Y., Zhao, Z. (2018), “A numerical study on the influence of anchorage failure for a deep excavation retained by anchored pile walls”, *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 10(2), pp.1–17.

