

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Pada kasus konstruksi galian stasiun MRT Jakarta di Monumen Nasional (Monas) yang berjarak 55 m dari bangunan *heritage* yaitu Museum Nasional dan Gedung Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, dampak konstruksi galian sedalam 15,95 m dengan lebar galian 20,3 m terhadap penurunan tanah di lokasi bangunan *heritage* tidak terlampau besar, yaitu 1,5 mm. Menurut kriteria MRT Jakarta, untuk bangunan *heritage* memiliki batas ijin penurunan tanah sebesar 10 mm, sehingga penurunan yang terjadi akibat konstruksi galian dengan jarak 55 m dari bangunan-bangunan *heritage* tersebut masih berada di bawah batas ijin penurunan.
2. Dinding galian dari konstruksi galian stasiun MRT Jakarta di Monas diproteksi dengan dinding diafragma (*diaphragm wall*) dengan tebal 1 m. Defleksi maksimum yang terjadi pada dinding diafragma juga tidak terlampau besar. Menurut SNI 8460-2017, batas maksimum defleksi lateral akibat konstruksi galian dalam adalah sebesar 0,5% dari kedalaman galian ( $H_{exc}$ ), dimana dalam kasus ini, batas maksimum defleksi lateral dinding diafragma sebesar 85 mm. Defleksi lateral maksimum yang terjadi pada dinding diafragma akibat konstruksi galian adalah sebesar 23,5 mm, sehingga defleksi yang terjadi pada dinding diafragma masih berada dalam batas ijin menurut SNI 8460-2017.
3. Pada analisis gaya-gaya dalam pada dinding diafragma untuk konstruksi galian stasiun MRT Jakarta di Monas menggunakan program PLAXIS 2D v.8.6, didapatkan besar gaya-gaya dalam yang terjadi pada dinding diafragma untuk setiap tahapan konstruksi, yakni momen lentur (*bending moment*) dan gaya geser (*shear force*) untuk tahap galian 1 (galian sampai elevasi *roof slab*), tahap galian 2 (galian sampai elevasi *concourse slab*), tahap galian 3 (galian sampai elevasi *base slab*), dan pada kondisi layan (*service condition*). Momen lentur maksimum yang terjadi pada dinding diafragma sebesar 1269

kN.m atau 126,9 t.m dan gaya geser maksimum yang terjadi pada dinding diafragma sebesar 754 kN atau 75,4 t. Gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi pada dinding diafragma terjadi pada kondisi terakhir dimana dinding diafragma sudah memasuki kondisi layan (*service condition*).

4. Dari besar momen lentur maksimum dan gaya geser maksimum yang telah dianalisis menggunakan bantuan program PLAXIS 2D v.8.6, didesain tulangan lentur dan tulangan geser untuk dinding diafragma secara manual (*hand calculation*). Didapatkan desain tulangan lentur untuk dinding diafragma setebal 1 m adalah D25-80 mm dan tulangan geser D16-120 mm.
5. Berdasarkan rencana tulangan dinding diafragma yang didesain oleh perencana struktur Stasiun MRT Jakarta, momen *envelope* yang terjadi pada dinding diafragma masih masuk dalam momen kapasitas dari rencana tulangan.
6. Konstruksi galian stasiun MRT Jakarta di Monas menggunakan 3 pelat beton sebagai pengaku lateral dari dinding diafragma dan juga sebagai elemen struktur dari stasiun MRT Jakarta di Monas. Pelat-pelat beton tersebut terdiri dari *roof slab* (EL. -2,95), *concourse slab* (EL. -8,6), dan *base slab* (EL. -16,5). Analisis yang dilakukan untuk setiap pelat beton dilakukan setelah pelat beton dikonstruksi, dan pada tahapan-tahapan galian setelah pelat beton tersebut dikonstruksi. Defleksi yang terjadi pada masing-masing pelat akibat konstruksi galian stasiun MRT Jakarta tidak terlampau besar, dengan defleksi vertikal maksimum yang terjadi pada *roof slab* sebesar 42,5 mm, defleksi vertikal maksimum yang terjadi pada *concourse slab* sebesar 14 mm, dan defleksi vertikal maksimum yang terjadi pada *base slab* sebesar 13,7 mm.
7. Gaya-gaya dalam yang terjadi pada pelat-pelat beton juga dianalisis dengan program PLAXIS 2D v.8.6. Gaya-gaya dalam yang dianalisis berupa gaya normal (*compression force*), gaya geser (*shear force*), dan momen lentur (*bending moment*). Pada *roof slab*, didapatkan gaya normal maksimum sebesar 296 kN, gaya geser maksimum sebesar 281 kN, dan momen lentur maksimum sebesar 773 kN.m. Pada *concourse slab*, didapatkan gaya normal maksimum sebesar 888 kN, gaya geser maksimum sebesar 274 kN, dan momen lentur maksimum sebesar 501 kN.m. Pada *base slab*, didapatkan gaya

normal maksimum sebesar 66 kN, gaya geser maksimum sebesar 60 kN, dan momen lentur maksimum sebesar 195 kN.m.

8. Dari gaya normal (*compression force*) yang ada pada masing-masing pelat beton, dilakukan analisis kompresibilitas pada pelat beton untuk membandingkan kekuatan tekan beton dengan tegangan normal yang terjadi pada masing-masing pelat beton. Besar tegangan normal yang terjadi pada *roof slab* sebesar  $0,37 \text{ N/mm}^2$ , besar tegangan normal yang terjadi pada *concourse slab* sebesar  $1,776 \text{ N/mm}^2$ , dan besar tegangan normal yang terjadi pada *base slab* sebesar  $0,085 \text{ N/mm}^2$ . Pelat-pelat beton tersebut dikonstruksi dengan semen yang memiliki kuat tekan 25 MPa atau sama dengan  $25 \text{ N/mm}^2$ , sehingga semua tegangan normal yang terjadi pada masing-masing pelat beton tidak melebihi kuat tekan beton.
9. Analisis faktor keamanan struktur galian terhadap gaya *uplift* akibat tekanan air pori di belakang dinding galian pada masa layan didapatkan faktor keamanan sebesar 2,66 (memperhitungkan gaya gesekan pada kaki dinding diafragma dan tiang bor, berat mati struktur, dan berat tanah pada area galian) dan 1,5 (memperhitungkan berat mati dari struktur dan tanah pada area galian saja) yang memenuhi batas minimum faktor keamanan terhadap bahaya *floatation* yang memperhitungkan gaya gesekan pada kaki dinding diafragma dan tiang bor adalah sebesar 1,5, sedangkan yang hanya memperhitungkan berat mati dari struktur dan tanah pada area galian saja adalah sebesar 1,1.

## 5.2 Saran

1. Perlu dipertimbangkan dampak dari aliran air tanah terhadap penurunan muka air tanah di belakang galian.
2. Perlu dilakukan monitoring di lapangan untuk verifikasi dan hasilnya perlu dilakukan untuk *back analysis* untuk memperoleh parameter tanah yang lebih sesuai dengan *hardening soil model*.
3. Analisis deformasi dan gaya-gaya dalam pada pelat-pelat beton perlu dianalisis secara struktural.
4. Perlu dilakukan analisis dengan memodelkan lubang pada pelat-pelat beton untuk mendapatkan nilai *settlement* yang mungkin dapat lebih besar.

5. Perlu dilakukan analisis keamanan untuk jalur pemipaan pada sekitar area galian akibat konstruksi galian stasiun MRT Jakarta.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Boscardin, D., M., & Cording, E. J. (1989). Building Response to Excavation-Induced Settlement. *ASCE*, 1-21.
- Briaud, & Jean-Louis. (2013). *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Budhu, M. (2010). *Soil Mechanics and Foundations*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Calvello, M., & Finno, J. R. (2004). Selecting parameters to optimize in model calibration by inverse analysis. *Computers and Geotechnics*, 411-425.
- Chapman, D., Metje, N., & Stärk, A. (2010). *Introduction to Tunnel Construction*. New York: Taylor & Francis e-Library.
- Corral, G., & Whittle, A. J. (2010). Re-analysis of Deep Excavation Collapse Using a Generalized Effective Stress Soil Model. *Earth Retention Conference*.
- Kurokawa, A., & Makarim, C. A. (2018). Analisis Plaxis untuk Dewatering Basement di Tanah Kelempungan dan Kepasiran. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 181-187.
- Ou, C.Y. (2006). *Deep Excavation: Theory and Practice*. London: Taylor & Francis Group.
- Pasaribu, H. M. (2018). Analisis Deformasi Galian Dalam Pada Titik Tepi Dinding Diafragma dengan Metode Elemen Hingga Melalui Studi Evaluasi Model Tanah. *Jurnal Education Building*, 11-17.
- Powers, J. P., Corwin, A. B., Schmall, P. C., & Kaeck, W. (2007). *Construction Dewatering and Groundwater Control: New Methods and Applications, Third Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Pujades, E., Vázquez-Suné, E., Carrera, J., & Jurado, A. (2014). Dewatering of a Deep Excavation Undertaken in a Layered Soil. *Engineering Geology*, 15-27.

- Rahardjo, P. P., & Alvi, S. D. (2019). *Metode Elemen Hingga untuk Analisis Geoteknik edisi 1*. Bandung: Pusat Studi Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan.
- Sharma, J., Hefny, A., Zhao, J., & Chan, C. (2001). Effect of Large Excavation on Deformation of Adjacent MRT Tunnels. *Tunneling and Underground Space Technology*, 93-98.
- W.W.Ng, C. (2004). *Soil-structure Engineering of Deep Foundations, Excavations and Tunnels*. London: Thomas Telford Publishing.
- Zumrawi, M. M., & El-Amin, A. (2016). Importance of Deep Excavation Support and Its Influence on Adjacent Buildings. *Research Gate*.

