

# **BAB 5**

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Total defleksi maksimum dinding diafragma yang terbesar terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 5 m dan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 6 m yaitu sebesar 89.29 mm, sedangkan yang terkecil terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 5 m dengan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 30 m yaitu 82.58 mm. Total defleksi maksimum yang terjadi pada dinding diafragma yang terletak dekat dengan terowongan sangat dipengaruhi oleh jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan, sedangkan untuk kedalaman terowongan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap total defleksi.
2. Defleksi horizontal yang terjadi pada dinding diafragma tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dan konsisten terhadap posisi terowongan di dekat galian dalam. Keberadaan terowongan di dekat galian maupun tanpa terowongan tidak memberikan perubahan defleksi horizontal yang signifikan. Perubahan besaran defleksi horizontal terhadap keberadaan terowongan didekat galian dalam hanya terpaut sebesar 2.46% dengan nilai defleksi horizontal maksimum yang terjadi pada dinding diafragma di dekat terowongan sebesar 56 mm dan defleksi horizontal dinding diafragma tanpa terowongan sebesar 54.62 mm. Defleksi horizontal yang terjadi pada dinding diafragma di dekat terowongan pada jarak horizontal 6 hingga 30 m dan kedalaman terowongan pada 5 hingga 20 m masih memenuhi syarat batas izin defleksi lateral dinding diafragma yang berdekatan dengan bangunan eksisting menurut SNI 8460:2017.
3. Gaya dalam maksimum dinding diafragma yang terbesar terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 20 m dan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 6 m. Nilai momen lentur maksimum yang terjadi sebesar 1402 kNm/m, untuk gaya lintang

maksimum sebesar 635 kN/m dan gaya aksial maksimum sebesar 519.9 kN/m.

4. Total defleksi maksimum terowongan yang terbesar terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 20 m dan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 6 m yaitu sebesar 55.75 mm, sedangkan yang terkecil terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 20 m dengan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 30 m yaitu 22.21 mm. Total defleksi maksimum yang terjadi pada dinding terowongan sangat dipengaruhi oleh jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan, sedangkan untuk kedalaman terowongan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap total defleksi. Pada defleksi total dinding terowongan pada jarak horizontal dari 6 m hingga 30 m dan kedalaman 5 m hingga 20 m tidak memenuhi syarat batas izin defleksi total terowongan menurut MOHURD sebesar 20 mm.
5. Defleksi horizontal maksimum terowongan yang terbesar terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 20 m dan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 6 m yaitu sebesar 40.65 mm, sedangkan yang terkecil terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 5 m dengan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 18 m yaitu 10.38 mm. Defleksi horizontal dinding terowongan pada jarak horizontal dari 12 m hingga 30 m dan kedalaman 5 m hingga 20 m memenuhi syarat batas izin defleksi terowongan menurut MOHURD sebesar 20 mm.
6. Defleksi vertikal maksimum terowongan yang terbesar terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 20 m dan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 6 m yaitu sebesar 50.81 mm, sedangkan yang terkecil terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 20 m dengan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 30 m yaitu 20.06 mm. Defleksi vertikal dinding terowongan pada jarak horizontal dari 6 m hingga 30 m dan kedalaman 5 m hingga 20 m tidak memenuhi syarat batas izin defleksi terowongan menurut MOHURD sebesar 20 mm.

7. Gaya dalam maksimum dinding terowongan yang terbesar terdapat saat terowongan berada pada kedalaman 20 m dan jarak horizontal antara dinding diafragma dengan terowongan sebesar 12 m. Nilai momen lentur maksimum yang terjadi sebesar 207.4 kNm/m, untuk gaya lintang maksimum sebesar 146.1 kN/m dan gaya aksial maksimum sebesar 1066 kN/m. Gaya dalam sangat dipengaruhi oleh kedalaman terowongan dimana semakin dalam terowongan maka gaya dalam yang terjadi baik momen lentu, gaya lintang maupun gaya aksial yang terjadi pada dinding terowongan akan semakin besar. Besar nilai momen lentur maksimum yang terjadi pada terowongan tidak memenuhi batas kapasitas momen desain dinding terowongan.

## 5.2 Saran

1. Pemodelan terowongan pada program PLAXIS 2D dapat dimodelkan sesuai dengan yang terjadi di lapangan dengan lapisan luar terowongan tidak bersifat satu-kesatuan, karena pada kenyataannya pembagian section pada terowongan umumnya terbagi menjadi 5 *section* atau lebih agar hasil analisis yang didapat lebih menyerupai kondisi di lapangan.
2. Pemodelan terowongan dapat dilakukan dengan menggunakan tahapan konstruksi terowongan yang terbagi menjadi beberapa tahap seperti yang terjadi pada keadaan sebenarnya bukan dalam 1 *phase* yang sama.
3. Pemodelan analisis menggunakan model konstitutif tanah dan parameter tanah yang lebih kompleks seperti *Hardening Soil Model* agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Faktor-faktor yang perlu diperhitungkan dalam mendesain dinding terowongan adalah beban rencana, tekanan tanah vertikal dan horizontal, tekanan hidrostatik, beban mati, pengaruh muatan tambahan, reaksi tanah, beban konstruksi, beban dalam, pengaruh gempa, pengaruh pada lingkungan sekitar, pengaruh penurunan muka tanah, pengaruh pekerjaan 2 atau lebih terowongan yang berdekatan, dan beban lain dapat diperhitungkan untuk mengetahui besar defleksi dinding terowongan yang terjadi di lapangan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Balasubramanian, A. (2017). Tunnels-types and importance. March 2014.
- Chang-Yu, O. (2006). Deep Excavation Theory and Practice. In Taylor & Francis.
- 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*, 80, 138–151.
- Ii, B. H. (n.d.). *Figure 5 : Classification of soil based on Casagrande's plasticity chart (right) and relationship between unit weight and depth.* 50(Figure 7), 978–979.
- Oliver, J. (2019). Bab Ii Tinjauan Pustaka Aplikasi. *Hilos Tensados, 1*, 1–476.
- Rahardjo, P. (2010). Teknik Terowongan. In *Universitas Parahyangan. GEC*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Shuici, Y. (2006). Standard Specifications for Tunneling, 2006. In *Tunnel Engineering Committee. Tunnel Engineering Committee*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Suwandi, & Rahayu, T. (2014). Evaluasi Penggunaan Dinding Penahan Tanah Pada Tanah Berkohesi Rendah Terhadap Penambahan Soldier Pile. *Konstruksia*, 6(1), 103–112.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China (MOHURD). (2013). Technical code for protection structures of urban rail transit (CJJ/T 202–2013), MOHURD*
- Potts, David M., Zdravkovit, L. (1999). *Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering*. Thomas Telford, London.
- Simorangkir, Eduardo. (2018). *MRT Jakarta, Transportasi Masa Depan Pemecah Macet Ibu Kota di* <https://finance.detik.com/infrastruktur/d-3858026/mrt-jakarta-transportasi-masa-depan-pemecah-macet-ibu-kota> (akses 10 Februari 2019)
- Tjie-Liong, Gouw (2011). *Deep Excavation Failures, Can They Be Prevented?*, International Symposium On Sustainable Geosynthetics and Green Technology for Climate Change 2011 (SGCC 2011), 7-8 Desember, 2011, Bangkok.

- Chang, C.-T., Sun, C.-W., Duann, S., & Hwang, R. N. (2001). *Response of Taipei Rapid Transit System (TRTS) tunnel to adjacent excavation. Tunnelling and Underground Space Technology*
- Hardiyatmo, Christady, H. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi I. 3rd ed. Gajah Mada University Press Anggota IKAPI, Yogyakarta, Indonesia.*
- Hardiyatmo, Christady, H. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II. 3rd ed. Gajah Mada University Press Anggota IKAPI, Yogyakarta, Indonesia.*
- Lim, A., Ou, C.Y., & Hsieh, P.G., (2010). *Evaluation of Soil Constitutive Models for Analysis of Deep Excavation under Undrained Condition. Journal of GeoEngineering, Vol. 5, No. 1, pp. 9-20, April 2010*
- SNI 8460:2017. *Persyaratan perancangan geoteknik* (2017). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional



