

# BAB 5

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis deformasi dengan menggunakan metode simplifikasi:
  - Deformasi maksimum horizontal dinding penahan tanah sebesar 54 mm, didapatkan dengan metode Ou, 2006.
  - Penurunan terbesar permukaan tanah sebesar 40.5 mm, didapatkan dengan metode Ou, 2006.
  - Penurunan terbesar permukaan tanah sebesar 38.43 mm, didapat dengan prosedur metode Bowles's, 1986.
2. Analisis balik terhadap data parameter tanah diasumsikan telah sesuai. Asumsi ini didapatkan karena profil deformasi horizontal dinding hasil pemodelan telah mendekati profil deformasi horizontal dinding. Selanjutnya data parameter tanah hasil analisis balik digunakan dalam analisa lainnya dalam penelitian ini.
3. Hasil analisis deformasi horizontal dinding penahan tanah pada setiap tahapan penggalian, metode elemen hingga:
  - Tahapan penggalian pertama (-2.9m),  $\delta_{hm1} = 4.28 \text{ mm}$
  - Tahapan penggalian kedua (-5.8m),  $\delta_{hm2} = 9.76 \text{ mm}$
  - Tahapan penggalian ketiga (-8.3m),  $\delta_{hm3} = 17.43 \text{ mm}$
  - Tahapan penggalian akhir (-10.8m),  $\delta_{hm} = 48.98 \text{ mm}$
4. Hasil analisis penurunan permukaan tanah pada setiap tahapan penggalian, metode elemen hingga:
  - Tahapan penggalian pertama (-2.9m),  $\delta_{vm1} = -2.77 \text{ mm}$
  - Tahapan penggalian kedua (-5.8m),  $\delta_{vm2} = -6.71 \text{ mm}$
  - Tahapan penggalian ketiga (-8.3m),  $\delta_{vm3} = -13.24 \text{ mm}$
  - Tahapan penggalian akhir (-10.8m),  $\delta_{vm} = -39.596 \text{ mm}$

5. Perbandingan deformasi maksimum horizontal DPT hasil analisis dengan hasil pengukuran pada tahapan galian akhir:

- Hasil pengukuran,  $\delta_{hm} = 52.17 \text{ mm}$
- Selisih hasil pengukuran dengan hasil metode elemen hingga:  
 $|\Delta| = 3.98 \text{ mm}$  atau  $|\Delta| = 6.15\%$
- Selisih hasil pengukuran dengan hasil metode simplifikasi:  
 $|\Delta| = 1.83 \text{ mm}$  atau  $|\Delta| = 3.15\%$

Selisih hasil metode analisis terhadap hasil pengukuran dipengaruhi oleh asumsi yang digunakan dalam perhitungannya. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa metode analisis deformasi menggunakan MEH dan simplifikasi dapat digunakan dalam memperkirakan deformasi horizontal DPT dan penurunan permukaan tanah pada galian dalam dengan metode konstruksi *multi-bench retained structure*.

6. Perbandingan profil penurunan permukaan tanah pada **gambar 4.12** memperlihatkan analisis deformasi dengan metode elemen hingga dan metode simplifikasi dapat memprediksi profil penurunan yang mendekati profil penurunan hasil pengukuran pada galian dalam dengan metode konstruksi *multi-bench retaining structure*. Profil penurunan yang dianggap paling mendekati pada penelitian ini adalah profil hasil MEH dan profil hasil metode Bowles's, 1986.

7. Desain dinding *contiguous bored pile* per 1 tiang dilakukan dengan desain tulangan dibantu oleh perangkat lunak *Midas Civil 2019* berdasarkan kode ACI.

- Kapasitas geser,  $V_{allow} = 428.15 \text{ kN/m}$
- Gaya Geser DPT,  $V_u = 103.39 \text{ kN/m}$
- Kapasitas momen,  $M_{allow} = 645.71 \text{ kN/m}$
- Momen Lentur DPT,  $V_u = 446.47 \text{ kN/m}$

Hasil analisis dinding penahan tanah dengan *contiguous bored pile* adalah dinding mampu menahan gaya geser dan momen lentur yang dialaminya pada galian dalam dengan metode konstruksi *multi-bench retaining structure*.

8. Karakteristik deformasi horizontal dinding penahan tanah dan penurunan permukaan akibat pengaruh proses pembangunan terowongan adalah semakin jauh posisi terowongan dari DPT ( $|L_T|$ ) dan semakin dalam posisi terowongan dari permukaan tanah ditinjau ( $|H_T|$ ), maka pengaruhnya terhadap deformasi dinding penahan tanah ( $\Delta\delta_h$ ) maupun penurunan permukaan tanah ( $\Delta\delta_v$ ) disekitar galian akan semakin kecil.

Hal tersebut terjadi untuk variasi posisi terowongan dibelakang dinding (Parametrik A) maupun dibawah permukaan galian (Parametrik B).

9. Semakin jauh posisi terowongan dari DPT galian dalam ( $|L_T|$ ) dan semakin dalam terowongan dari permukaan tanah pada galian dalam eksisting ( $|H_T|$ ) maka akan semakin kecil deformasi yang dialami dinding terowongan ( $\delta$ ).

Hasil analisis deformasi dinding pada **gambar 4.18**, memperlihatkan bahwa deformasi maksimum terowongan memenuhi persyaratan *MoHURD* pada posisi tiga kali kedalaman galian dari DPT dan tiga kali kedalaman galian dari permukaan tanah.

Hal tersebut terjadi untuk variasi posisi terowongan dibelakang dinding (Parametrik A) maupun dibawah permukaan galian (Parametrik B).

## 5.2 Saran

Berdasarkan pada hasil analisis dari penelitian ini, penulis memberikan saran yang dikhususkan untuk penelitian ini dan diharapkan dapat membantu penelitian selanjutnya terkait metode konstruksi *multi-bench retained structures* dikemudian hari.

1. Penelusuran perkiraan deformasi awal bisa didapat dengan metode simplifikasi. Penulis mengharapkan adanya penggunaan metode ini penelitian-penelitian selanjutnya karena hasil yang didapatkan cukup akurat pada penelitian ini sehingga bisa digunakan sebagai salah satu metode verifikasi jika dilakukan analisis desain galian dalam.

2. Bahasan pada penelitian ini terbatas pada lapisan dengan dominasi tanah lempung. Untuk meninjau secara lebih detail terhadap perilaku deformasi galian dengan metode konstruksi multi-bench retained structure diperlukan studi numerik dengan variasi lapisan tanah yang sama sehingga menyisakan geometri sebagai parameter utama dalam analisis.
3. Parameter lain seperti pengaruh jarak antar dinding, perbedaan elevasi dari tanah dan hal lainnya yang berhubungan dengan geometri galian pada metode konstruksi ini perlu diteliti secara lebih lanjut terhadap deformasi yang dihasilkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2000), “Standard Guide for Installing and Operating Settlement Platforms for Monitoring Vertical Deformations”, Designation: D 6598 – 00.
- ASTM. (2005), “Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe-Type Inclinometers”, Designation: D 6230 – 98 (Reapproved 2005).
- Bentley. (2020). *PLAXIS 2D - Tutorial Manual*.
- Bezuijen, A., Zon, W.H. van der., Talmon, A.M., Aanen, L. (2006), “Grout pressures around a tunnel lining”, BEZUIJEN-10.tex 20/10/2005.
- Bilgin, Nuh., Copur, Hanifi., Balci, Cemal. (2014). *Excavation in Mining and Civil Industries*. Taylor and Francis Group, London, UK.
- Bowles, J.E. (1988), *Foundation Analysis & Design*. 4<sup>th</sup> Edition. McGraw – Hill Book Company, New Anchores, BSI.
- Capse, M.S. (1966), “Surface Settlement Adjacent to Braced Open Cut”, Journal of the Soil Mechnic & Foundation Division, ASCE, Vol.92, SM4, pp.51-59.
- Chapman, David., Metje, Nicole., Stärk, Alfred. (2018). *Introduction to Tunnel Construction Second Edition*. Taylor and Francis Group, London, UK.
- Clough, G.W., O'Rourke, T.D. (1990), “Construction Induced Movement of In Situ Walls, Design & Performance of Earth Reataining Structures”, ASCE Special Publication, No.25, pp.439-470.
- Das, Braja M., Ameratunga, Jay., Sivakugan, Nagaratnam. (2016). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. Springer, New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London.
- Dias, T.G.S., Bezuijen, A. (2018), “Grout pressure distribution during TBM Tunnelling”, Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground – Negro & Cecilio Jr. (Eds), © 2018 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-29711-1
- FWHA. (2009). Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels– Civil Elements. Publication No. FHWA-NHI-10-034.
- Hsiung, Bin-Chen Benson., Yang, Kuo-Hsin., Aila, Wahyuning., dan Ge, Louis. (2014), “Evaluation of the wall deflections of a deep excavation in Central Jakarta using three-dimensional modeling”, Tunnelling and Underground Space Technology 72 (2018) 84-96

- Hsiung, Bin-Chen Benson., Yang, Kuo-Hsin., Aila, Wahyuning., dan Hung, Ching. (2016), "Three-dimensional effects of a deepexcavation on wall deflections in loose to medium dense sands", *Computer and Geotechnics* 90 (2016) 138-151
- Iwata, N., Shahin, H.M., Zhang, Shahin, F., Nakai, T., Niinomi, M., Geraldni, Y.D.S. (2009), "Excavation with stepped-twin retaining wall: Model tests and numerical simulations", *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground – Ng, Huang & Liu (eds) © 2009 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48475-6*
- Likitlersuanga, Suched., Surarak, Chanaton., Wanatowski, Dariusz., Oh, Erwin., Balasubramaniam, Arumugam. (2013), "Finite element analysis of a deep excavation: A case study from the Bangkok MRT", *Soil and Foundation* 2013; 52(5):756-773
- Lim, Aswin., Ou, Chang-yu., dan Hsieh, Pio-Go. (2010), "Evaluation of clay constitutive models for analysis of deep excavation under undrained conditions", *Journal of GeoEngineering*, Vol. 5, No. 1, pp. 9-20, April 2010
- Liong, GOUW Tjie. (2014), "Common Mistakes on the Application of Plaxis 2D in Analyzing Excavation Problems", *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 9, Number 21 (2014) pp.8291-8311
- Look, Burt G. (2014), *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. 2<sup>nd</sup> Ed. Taylor & Francis Group, London, UK.
- Machan, George., Bennett G. Victoria. (2008) *Use of Inclinometers for Geotechnical Instrumentation on Transportation Projects State of the Practice*. Transportation Research Board 500 Fifth Street, NW Washington, DC 20001.
- Negro, Arsenio., Cecílio Jr, Marlísio O. (2018). *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*. Taylor and Francis Group, London, UK.
- Ou, Chang-Yu. (2006). *Deep Excavation Theory and Practice*. Taylor and Francis Group, London, UK.