

## BAB 5

### KESIMPULAN & SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Analisis telah dilakukan untuk Terowongan Cisumdawu dengan metode tahapan galian NATM (*3bench & 7 step*) dan proteksi galian umbrella grouting menggunakan metode elemen hingga tiga dimensi Midasa GTS-NX. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

- a. Deformasi maksimum terjadi pada atap terowongan pada bagian depan atau bagian yang pertama digali (STA 12+750). Hal ini terjadi dikarenakan terdapat pengaruh galian setelahnya terhadap deformasi bagian terowongan yang telah digali.
- b. Perbandingan hasil analisis *twin tunnel* menggunakan metode elemen hingga 3 dimensi terhadap hasil monitoring menunjukkan bahwa penurunan atap terowongan yang terjadi menyerupai hasil analisis yang telah dilakukan, dimana penurunan atap terowongan hasil pembacaan di lapangan sebesar 3.3 cm & 4.3 cm dan hasil analisis sebesar 3.3 cm & 4.4 cm. Nilai Deformasi masih termasuk dalam *deformation range* data monitoring yaitu 20 cm.
- c. Pengambilan parameter berdasarkan data PMT memberikan hasil yang dapat diandalkan untuk analisis terowongan Cisumdawu dengan metode elemen hingga 3 dimensi Midas GTS-NX.
- d. Dari analisis yang telah dilakukan menunjukkan, konstruksi dua terowongan bersebelahan memberikan pengaruh terhadap penurunan permukaan dan deformasi horizontal terowongan, dimana pada studi Cisumdawu penambahan penurunan permukaan maksimum yang terjadi sebesar 3.1 cm (67%) dan deformasi horizontal sebesar 1.3 cm (40%).

## 5.2. Saran

Pada studi tersebut pemodelan dilakukan 3 dimensi tetapi tidak dilakukan analisis dinamik dan *seismic* analisis. Apabila dilihat dari lokasi studi, lokasi terowongan Cisumdawu dekat dengan 2 sesar aktif yaitu sesar Tampomas dan sesar Lembang. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh gempa yang dapat terjadi terhadap terowongan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agbay E, Tamer T. 2019. Evaluation of twin tunnel-induced surface ground deformation by empirical and numerical analysis. *Computer and Geotechnics*. Turkey.
- Aksoy CO, Onargan T. 2010. The role of umbrella arch and face bolt as deformation preventing support system in preventing building damages. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 25(5): 553-9. Turkey.
- Aygar, E.B., 2020. Evaluation of new Austrian tunneling method applied to Bolu tunnel's weak rock. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Turkey.
- BSI. 1999. Code of Practice for Site Investigations, BS 5930: 1999, British Standards Institution. London
- Bemmelen V.R.W. 1949. The Geology Of Indonesia Vol. 1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. Government Printing Office, The Hague.
- Budhu, M. 2015. "Soil Mechanics and Foundations- Imperial Version" John Wiley and Sons Inc. USA.
- Chapman D., Metje N., Stark A. 2010. Introduction to Tunnel Construction. Spon Press. USA.
- Dastjerdi A.S. 2013. Solutions for Tunneling Problems. *The First National Conference on Environment, Energy and Biodefense*. Tehran
- DIN. 2005. Sprayed Concrete: Production and Inspection, DIN 18551 Deutsches Institut für Normung, e.V., Berlin.

- Kulhawy, F. H., and Mayne, P. W. 1990. Manual on estimating soil properties for foundation design. EL-6800, Research project 1493-6, Cornell University, Ithaca, NY.
- MIDAS GTS-NX. 2019. *MIDAS GTS-NX User Manual*.
- Morovatdor, A., Palassi, M., Reza., S.A. 2020. Effect of Pipe Characteristics in Umbrella Arch Method on Controlling Tunneling-induced Settlements in Soft Grounds. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Tehran.
- Müller, L. and Fecker, E. 1978. ‘Grundgedanken und Grundsätze der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise’. Trans Tech Publications: 247–2.
- Ocak, I. 2008. Control of Surface Settlements with Umbrella Arch Method In Second Stage Excavation of Istanbul Metro. *Tunnelling and Underground Space Technology* 23 674:681. Istanbul.
- Peck, R.B. 1969. Deep Excavation and Tunneling in Soft Ground. Proceedings of 7<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico-United States, August 25<sup>th</sup>-29<sup>th</sup>, 7(3),pp: 225-290.
- Pedro A., Cancela T., Sousa A.E., Grazina J. 2018. Deformation Caused by The Excavation of Twin Tunnels. in *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*. Negro & Cecilio Jr. ,Eds. Taylor & Francis Group, pp. 203-214.
- PT. CECI, JO. 2018. *Tunnel Monitoring and Measure Monthly Report No. 16*. Indonesia,
- Rabcewicz, L.V. 1963. ‘Bemessung von Hohlrumbauteen. Die “Neue Österreichische Bauweise” und ihr Einfluß auf Gebirgsdruckwirkungen und Dimensionierung’. *Felsmechanik und Ingenieurgeologie*, Vol. I/3–4, Springer Verlag. Vienna.

- Rabcewicz L, Golser J. 1973 Principles of dimensioning the supporting system for the “New Austrian Tunneling Method”. Water power, marc. P. 88-93. Vienna.
- Rahardjo, Paulus P. 2008. Penyelidikan Geoteknik Dengan Uji In-Situ. Geotechnical Engineering Center Parahyangan Catholic University. Bandung
- Rahardjo, Paulus P. 2010. Teknik Terowongan. Geotechnical Engineering Center Parahyangan Catholic University. Bandung.
- Rahardjo, P. P. and Alvi, S.D. 2019. Metode Elemen Hingga Untuk Analisis Geoteknik. Geotechnical Engineering Center Parahyangan Catholic University. Bandung.
- Ranjibarnia M., Rahimpour N., and Oreste P. 2017. A simple analytical approach to simulate the arch umbrella supporting system in deep tunnels based on convergence confinement method. Tunneling and Underground Space Technology vol. 82, pp. 39-49. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.07.033>
- Rodriguez, A.R., Castillo .H.D., Sowers G.F., 1988. Soil Mechanics in Highway Engineering. Trans Tech Publication, Jerman.
- Rokahr R.B. 1995. ‘Wie sicher ist die NÖT?’. Felsbau, 13(6): 334–40
- Schanz, T., Vermeer, P.A. and Bonnier, P.G. 1999, “The Hardening Soil Model-Formulation and Verification”, *Proceedings of PLAXIS Symposium on Beyond 2000 in Computational Geotechnics*, Amsterdam-Netherlands, March 18<sup>th</sup>-20<sup>th</sup>, pp: 281-296.
- Schuerch R., Poggiati R., Maspoli P., and Anagnostou G. 2016. Design Charts For Estimating Face Stand-up Time in Soft Ground Tunneling. *2<sup>nd</sup> International Conference on Tunnel Boring Machines in Difficult Grounds*, TBM Digs Istanbul
- Silitonga P.H. 1973. Geological map of the Bandung Quadrangle, Direktorat Geologi, Geological Survey of Indonesia. Indonesia.

- SNI 8460:2017, “*Persyaratan Perancangan Geoteknik*”, *Badan Standarisasi Nasional*, Jakarta, Indonesia.
- Szechy K.1967. *The Art of Tunneling*. Akademiai Kiado. Budapest
- Terzaghi, K., 1946. Introduction to tunnel geology, In: Proctor, R.V. and White, T.L. (Eds.), *Rock Tunnelling with Steel Supports*. The Commercial Shearing and Stamping Co. Youngstown. Ohio, USA.
- Terzaghi K. 1956. Load on Tunnel Supports. Chapter 4 of *Rock Tunneling with Steel Supports*. R.V. Proctor and T.L. White Eds., The Commercial Shearing and Stamping Co.
- Thomas A.H. 2006. ‘Tunnel lining design – sprayed concrete linings’. Course Notes. British Tunnelling Society, Course on Tunnel Design and Construction, University of Surrey, Guildford. UK.
- Tim Pemuktahiran Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia. 2017. Kementrian Pekerjaan Umum. Indonesia.
- Wesley L.D. 2010. *Geotechnical Engineering in Residual Soils*. John Wiley & Sons, INC. New Jersey.
- Yogaswara, D. 2019. Analisis Terowongan Jalan Raya Dengan Protetksi Umbrella Grouting Menggunakan Metode Elemen Hingga 2D Kasus Studi Tol Cisumdawu. *Jurnal Sains dan Teknologi* vol.11 No.02. Bandung.

