

Analisis Volume Loss Pada Terowongan Kereta Cepat Bandung-Jakarta Dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga

RADEN RHEGI RUKMANA¹, INDRA NOER HAMDHAN²

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional
 2. Dosen Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional
- Email : rukmanarhegir@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan kereta cepat Bandung-Jakarta memiliki beberapa konstruksi terowongan, salah satunya terowongan no. 8 yang terletak di daerah perbukitan yang dirancang dan dibangun dengan metode New Austrian Tunneling Method (NATM). Memiliki panjang terowongan 2.190 meter dengan lebar terowongan 15 meter dan tinggi terowongan 12,5 meter. Salah satu penyebab penurunan permukaan tanah dan deformasi terowongan yaitu volume loss akibat dari konstruksi terowongan. Untuk itu diperlukan analisis untuk memprediksi besarnya kehilangan volume tanah dengan pemodelan menggunakan metode elemen hingga Plaxis 2D. Penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis pengaruh dari tipe-tipe penggalian terowongan NATM terhadap nilai volume loss. Analisis dilakukan terhadap penggalian tipe 3, tipe 4, tipe 6, tipe 7 dan tipe 8 dimana pada beberapa tipe penggalian menggunakan temporary support. Hasil analisis membuktikan bahwa tipe penggalian terowongan dengan membagi kedalam beberapa tahapan yang membuat ukuran penggalian semakin kecil dan menggunakan temporary support dapat menghasilkan nilai volume loss terowongan yang kecil yaitu sebesar 0,3755 %.

Kata kunci: Volume Loss, Tipe Penggalian Terowongan, NATM, Plaxis 2D

1. PENDAHULUAN

Terowongan kereta cepat Bandung-Jakarta memiliki konstruksi terowongan yang terletak di daerah perbukitan dan dibangun dengan metode New Austrian Tunneling Method (NATM). Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis volume loss akibat dari penggalian konstruksi terowongan NATM serta pengaruh tipe-tipe penggalian terowongan NATM terhadap nilai volume loss. Analisis dilakukan dengan pendekatan metode elemen hingga Plaxis 2D menggunakan material model Mohr-Coloumb dan Hardening Soil untuk penggalian tipe 3, tipe 4, tipe 6, tipe 7 dan tipe 8.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan cara studi literatur yang terkait dengan penulisan tugas akhir ini.

2.2 Data Parameter Tanah

Data tanah yang digunakan dalam pemodelan pada Plaxis 2D merupakan hasil korelasi dari lapisan tanah di sekitar konstruksi terowongan dari hasil pengujian SPT.

2.3 Data Penampang Dan Perkuatan Terowongan

Data perkuatan terowongan berupa struktur lining dan temporary support pada terowongan, dimana data tersebut dibutuhkan untuk memodelkan terowongan pada Plaxis 2D sehingga didapatkan hasil yang akurat. Data penampang terowongan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Lebar terowongan : 15 m
2. Tinggi terowongan : 13 m
3. Tebal lining : 350 mm
4. Tebal temporary support : 280 mm
5. Modulus young : 23 Gpa
6. Berat jenis beton : 22 kN/m³

2.4 Pemodelan Terowongan

Pemodelan analisis menggunakan software Plaxis 2D yang berbasis metode elemen hingga dengan menggunakan jenis model tanah Mohr-Coloumb dan Hardening Soil. Pemodelan dilakukan dengan membuat 5 model tipe penggalian, yaitu tipe 3, tipe 4, tipe 6, tipe 7 dan tipe 8.

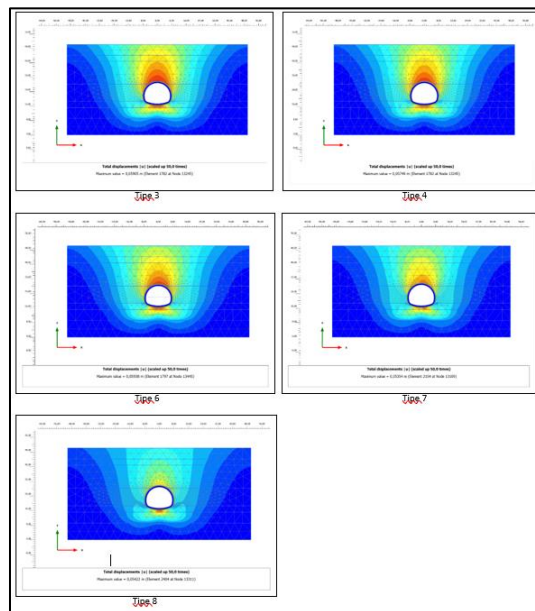
2.5 Analisis Pembahasan

Hasil analisis berupa deformasi pada lining terowongan dan volume loss terowongan. Pembahasan akan membahas mengenai volume loss akibat dari deformasi yang terjadi pada lining terowongan untuk setiap tipe penggalian.

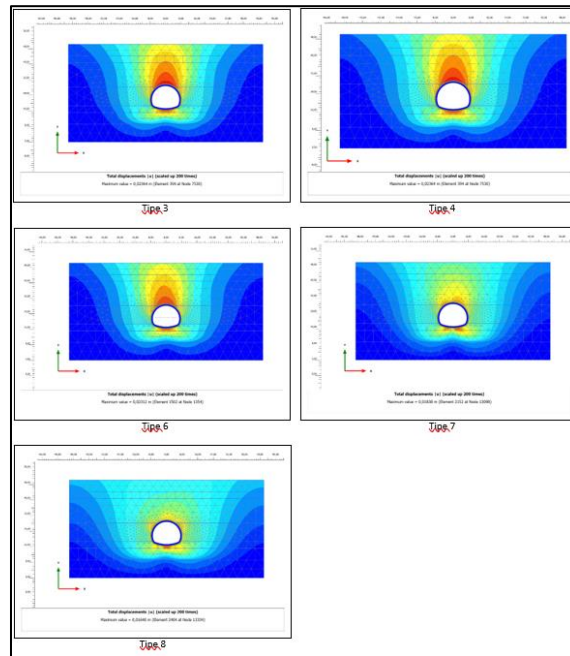
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Pola Keruntuhan Penggalian Terowongan

Pola keruntuhan dengan menggunakan program Plaxis 2D menunjukkan stabilitas tanah disekitar terowongan yang ditunjukkan oleh gradasi warna. Pada tipe penggalian terowongan NATM, area kritis terletak pada bagian atas (crown) terowongan dan bagian bawah (invert) terowongan, hal itu dikarenakan pada area tersebut mengalami deformasi tertinggi akibat dari penggalian terowongan yang dapat terlihat pada **Gambar 2 dan Gambar 3**.



Gambar 2. Pola keruntuhan tiap tipe penggalian terowongan NATM untuk Mohr- Coloumb model



Gambar 3. Pola keruntuhan tiap tipe penggalian terowongan NATM untuk Hardening-Soil model

3.2 Total Displacement Dan Volume Loss

Dari hasil deformasi pada setiap tipe penggalian terowongan pada **Gambar 12**, kemudian dilakukan perhitungan rasio antara luas penampang terowongan sebelum terjadi deformasi dan setelah terjadi deformasi untuk mengetahui nilai volume loss yang disajikan pada **Tabel 1**.



Gambar 4. Total displacement pada lining untuk berbagai tipe penggalian terowongan

Tabel 1. Nilai volume loss untuk tipe penggalian terowongan

Metode penggalian	<i>Mohr-Coloumb Model</i>		<i>Hardening Soil Model</i>	
	Deformasi (m)	Volume loss (%)	Deformasi (m)	Volume loss (%)
<i>Type 3</i>	0,05916	1,35	0,02384	0,5565
<i>Type 4</i>	0,05766	1,29	0,02364	0,5553
<i>Type 6</i>	0,06007	1,37	0,02360	0,5525
<i>Type 7</i>	0,05356	1,06	0,01844	0,3792
<i>Type 8</i>	0,05423	0,89	0,01641	0,3755

Pada **Tabel 2** dapat dilihat bahwa untuk hasil pemodelan Mohr-Coloumb penggalian tipe 3 dan tipe 6 dimana terowongan tidak menggunakan temporary support terjadi peningkatan deformasi dan volume loss yang tidak signifikan yaitu sebesar 0,02 %. Untuk hasil pemodelan Hardening Soil nilai deformasi dan volume loss yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan model Mohr-Coloumb, karena pada model Mohr-Coloumb tanah berperilaku linear dan hanya menggunakan satu parameter kekakuan (E) sedangkan pada model Hardening Soil tanah berperilaku non-linear dan menggunakan tiga parameter kekakuan (E50, Eoed dan Eur) yang memperhitungkan kekakuan tanah akibat penggalian (unloading).

Secara umum hasil analisis tipe penggalian terowongan mengalami penurunan nilai deformasi dan volume loss seiring dengan semakin kecil ukuran penggalian pada setiap tahapannya. Hal ini menunjukkan bahwa tipe penggalian dengan membagi tahapan penggalian yang membuat ukuran penggalian kedalam bagian-bagian yang kecil mengurangi tekanan tanah disekitar terowongan sehingga mengurangi deformasi pada lining terowongan yang berakibat pada berkurangnya nilai volume loss.

Nilai deformasi dan volume loss semakin kecil pada penggalian tipe 4, tipe 7 dan tipe 8 yang menggunakan temporary support, itu menunjukkan bahwa temporary support pada setiap tahap penggalian menambah kekuatan terowongan dengan penutupan bagian invert terowongan membuat lining menjadi cincin satu kesatuan pada setiap tahap penggaliannya.

4. KESIMPULAN

Tipe penggalian terowongan yang dilakukan secara bertahap dengan membagi menjadi beberapa bagian yang menjadikan ukuran penggalian pada setiap tahap menjadi semakin kecil menghasilkan nilai volume loss dan deformasi yang kecil, yaitu tipe 6 dengan nilai volume loss sebesar 0,5525 %. Menggunakan temporary support pada penggalian terowongan dapat mengurangi volume loss terowongan, dimana nilai volume loss terkecil didapat pada penggalian tipe 8 sebesar 0,3755 %.

Deformasi terbesar terletak pada bagian atap (crown) terowongan sebesar 0,02360 mm dan bawah (invert) terowongan sebesar 0,02384 mm dimana hal tersebut mempengaruhi nilai volume loss. Untuk itu menambahkan jenis perkuatan lain pada bagian atap (crown) dan menutup lining pada bagian invert terowongan agar menjadi cincin kesatuan yang utuh perlu dilakukan dalam waktu yang cepat.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, Esam. (2017) Design Considerations for Single Twin-Track Railway NATM Tunnel over Mountainous Terrain in Kenny Hill Formation. Southeast Asian Conference and Exhibition in Tunnelling and Underground Space 2017 (SEACETUS2017) Subang Jaya, Malaysia 18-19 April 2017.
- Ahmed, M., & Iskander, M. (2011). Analysis of Tunneling-Induced Ground Movements Using Transparent Soil Models. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 137:525-535.
- Ameratunga, J., Sivakugan, N., & Das, Braja M. (2015). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. New Delhi: Springer
- Brinkgreve, R.B.J. (Ed). (2004). *Plaxis 2D – Version 8 (Vols. 8)*. Netherlands: Plaxis bv
- Das, Braja M. (2007). *Fundamentals of Geotechnical Engineering (3rd ed)*. Madrid: Chris Carson
- FHWA (2009). *Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels – Civil Element*. Washington, D.C: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Golpasand, M.R.B., Nikudel, M.R., & Uromeihy, A. (2015). Specifying The Real Value of Volume Loss (VL) and Its Effect On Ground Settlement Due To Excavation of Abuzar Tunnel, Tehran. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75, 485–501.
- Ishak, N.A., & Abdullah, R.A. (2016). Effect of Tunnel Construction Techniques, Ground Properties and Tunnel Geometrical To The Amount of Volume Loss. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 28 Special Issue (3):192-206

- Karakus, M., & Fowell, R.J. (2004). An Insight into The New Austrian Tunnelling Method (NATM). Conference: The 7th Regional Rock Mechanics Symposium, Sivas, Volume: Sivas, Turkey
- Kolymbas, Dimitrios. (2005). Tunnelling and Tunnel Mechanics: A Rational Approach to Tunnelling. German: Springer
- Liu, G.R., & Quek, S.S. (2003). The Finite Element Method: A Practical Course. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Lunardi, Pietro. (2007). Design and Construction of Tunnels: Analysis of Controlled Deformations in Rock and Soils (ADECO-RS). German: Springer
- Moller, S.C., & Vermeer, P.A. (2008). On Numerical Simulation of Tunnel Installation. Tunnelling and Underground Space Technology 23:461-475.
- Szechy, K. (1970). The Art of Tunneling. Budapest: Akademiai Kiado.
- Verbrugge, Jean-Claude., & Schroeder, C. (2018). Geotechnical Correlations for Soils and Rocks. London: ISTE Ltd.
- Wood, Alan Muir. (2000). Tunnelling: Management by Design. London: E & FN Spon.
- Zhang, Z.X., Liu, C., & Huang, X. (2017). Numerical Analysis of Volume Loss Caused by Tunnel Face Instability in Soft Soils. Environmental Earth Sciences, 76, 563.