

Analisis Deformasi dan Gaya Dalam Model 3D Metode NATM Pada Tanah dan Batuan (Studi Kasus: Kereta Cepat Indonesia China Tunnel #8)

DAFHA DEWANTARA PUTRA¹, DR.TECHN. INDRA NOER HAMDHAN, S.T., M.T.², DST

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Institut Teknologi Nasional Bandung
3. dst

Email : dafha.putra@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Upaya pemerintah untuk mengurangi kemacetan di jalur Bandung – Jakarta, yakni dengan moda transportasi kereta cepat, tetapi kontur alam yang berupa pegunungan yang ada di jalur kereta cepat menjadi tantangan, sehingga salah satu upaya yang dapat dilakukan yakni dengan cara membuat terowongan (tunnel). Pada penelitian ini menganalisis deformasi dan gaya dalam pada terowongan dengan memvariasikan jenis tanah dan overburden tanah. Pemodelan yang dilakukan menggunakan software PLAXIS 3D, metode penggalian yang digunakan yakni New Austrian Tunnelling Method (NATM) dengan metode penggalian three bench seven excavation. Hasil deformasi pada batuan memiliki nilai yang kecil dikarenakan batuan memiliki nilai stabilitas yang cenderung lebih tinggi daripada tanah.

Kata kunci: NATM, Tanah Silt, Batuan Sandstone, Metode Three Bench Seven Excavation, Deformasi, Gaya Dalam, Pengaruh Overburden Tanah, PLAXIS 3D, Hardening Soil Model, Hoek – Brown Model

1. PENDAHULUAN

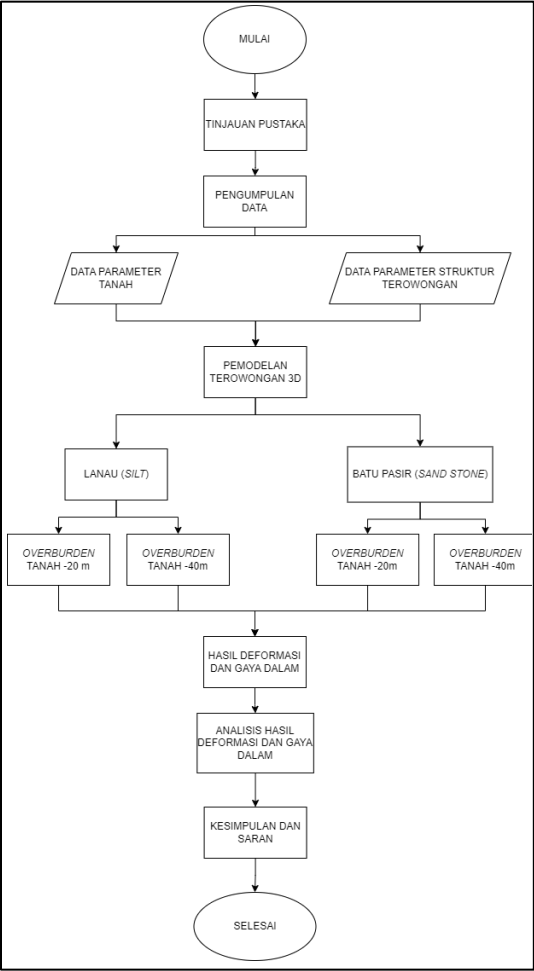
Kemacetan yang masih kerap terjadi di jalur antara Jakarta – Bandung membuktikan bahwa jalur tersebut memiliki tingkat pergerakan yang tinggi. Jarak antara Jakarta – Bandung yang relatif dekat membuat jenis transportasi yang cocok yakni transportasi yang ada di darat, maka dari itu upaya yang dilakukan oleh pemerintah untuk menangani kemacetan yaitu dengan menambah moda transportasi yang ada di darat, yang memiliki waktu tempuh yang singkat. Kereta cepat merupakan upaya yang dilakukan pemerintah untuk mengurangi kemacetan yang ada di jalur tersebut. Kontur alam yang

berupa pegunungan menjadi hambatan dalam pembuatan jalur rel kereta cepat, maka dari itu upaya yang dapat dilakukan yakni dengan membuat terowongan di jalur yang melewati pegunungan. Kendala konstruksi yang terjadi di area pegunungan yaitu kondisi tanah dan air melimpah, yang membuat adanya resiko air masuk dan keruntuhan terowongan, sehingga penyelidikan tanah dan pemodelan terowongan dapat dijadikan solusi untuk dapat mencegah resiko kegagalan konstruksi terowongan.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk dapat mempermudah pemahaman terkait tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini, tahapan-tahapan penelitian akan dijabarkan dalam bentuk diagram alir (*flow chart*) yang di tunjukan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Struktur Terowongan

Data perkuatan struktur terowongan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini berada pada GDK 97+850, terowongan #8 kereta Cepat Indonesia China (KCIC) dengan perkuatan *lining* yang digunakan V [s-a], dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Data Struktur Terowongan #8 (GDK 97+850) (Sumber : PT. Kereta Cepat Indonesia China ,2024)

Data Struktur Terowongan		
Spesifikasi	Nilai	Satuan
Diameter terowongan	14,9	m
Tebal <i>lining shotcrete arch</i>	30	cm
Tebal <i>lining shotcrete inverted arch</i>	30	cm
Tebal <i>lining reinforced arch wall</i>	50	cm

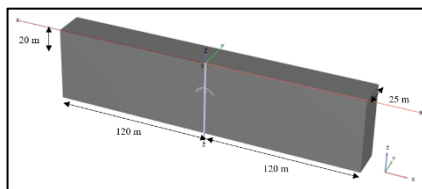
Tebal <i>lining reinforced inverted arch</i>	60	cm
Kuat beton <i>lining</i> (f'_c)	C30	Mpa
Kuat tekan <i>shotcrete</i> (f'_c)	C35	Mpa
Berat jenis beton	24	KN/m
Panjang <i>rockbolt</i>	3,5	m
Diameter <i>rockbolt</i>	22	mm
Kuat tekan beton <i>grouting</i>	M10	Mpa
Tebal beton <i>grouting</i>	3	cm

3.2 PEMODELAN TEROWONGAN

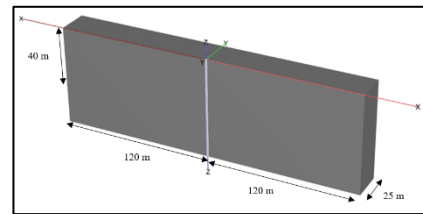
Pemodelan Terowongan dimaksudkan untuk dapat memperkirakan gaya – gaya yang bekerja dalam tanah dan mevisualisasikan kondisi terowongan, tahapan galian, dan kondisi tanah yang ada dilapangan, guna untuk dapat mendesain terowongan yang aman dan memiliki kriteria desain sesuai dengan peraturan **SNi 8460:2017**. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini meliputi deformasi, gaya aksial, gaya geser, dan gaya momen yang diterima oleh terowongan pada bagian *arch crown* (mahkota terowongan), deformasi pada bagian permukaan tanah dan batuan, mengetahui pengaruh *overburden* pada tanah dan batuan, dan mengetahui perbedaan kondisi antara tanah dan batuan. Berikut kondisi – kondisi tanah dan batuan yang dianalisis pada penelitian ini:

1. Batuan *sandstone* dengan *overburden* 20m.
2. Batuan *sandstone* dengan *overburden* 40m.
3. Tanah *silt* dengan *overburden* 20m.
4. Tanah *silt* dengan *overburden* 40m.

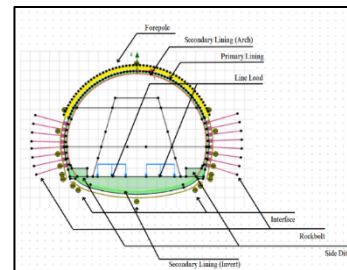
Berikut gambar – gambar pemodelan terowongan menggunakan software PLAXIS 3D dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**.



Gambar 2 Bentuk Geometri Tanah atau Batuan Model 3D *Overburden* 20m



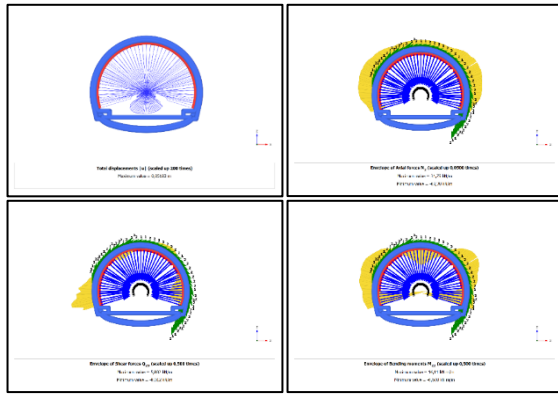
Gambar 3 Bentuk Geometri Tanah atau Batuan Model 3D *Overburden* 40m



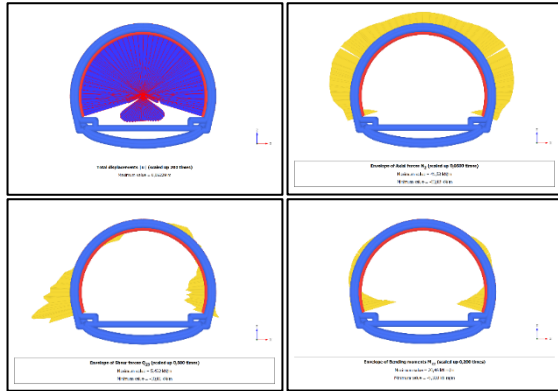
Gambar 4 Hasil Pemodelan Penampang Terowongan Beserta Detail Perkuatan Terowongan

3.3 ANALISIS PEMODELAN 3D

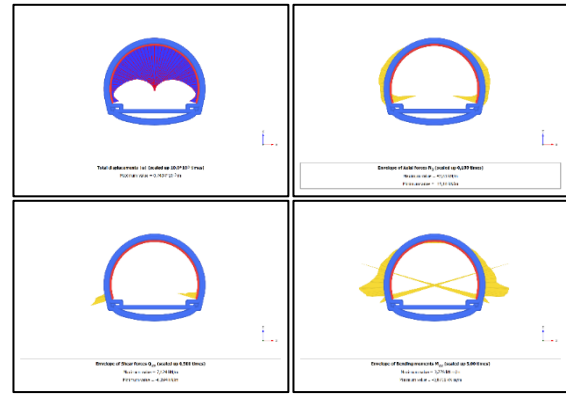
Untuk mendapatkan kondisi yang menyerupai kondisi dilapangan diperlukan pemodelan 3D. Model 3D yang dibuat pada penelitian ini menggunakan *software* PLAXIS 3D yang menggunakan metode numerik *Finite Element Method* (FEM) dalam melakukan analisis. Konsep dari FEM adalah apabila suatu sistem diberikan gaya luar, maka gaya luar tersebut diserap oleh sistem tersebut dan akan menimbulkan gaya dalam dan perpindahan. Untuk mengetahui besarnya gaya dalam dan perpindahan akibat gaya luar tersebut, perlu dibentuk suatu persamaan yang mewakili sistem tersebut (Chen & Baladi, 1985). Berikut hasil analisis menggunakan *software* PLAXIS 3D:



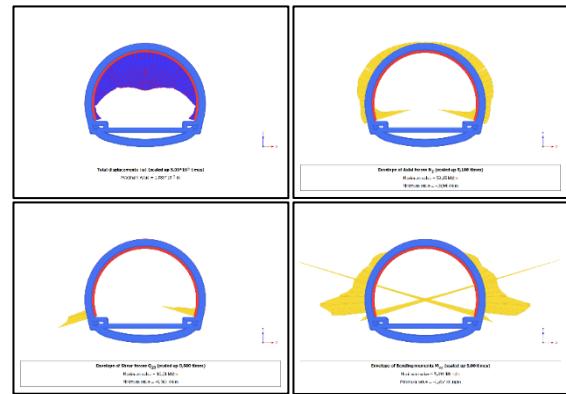
Gambar 5 Bentuk Deformasi dan Gaya Dalam Pada Tanah *Silt Overburden* 20m



Gambar 6 Bentuk Deformasi dan Gaya Dalam Pada Tanah *Silt Overburden* 40m



Gambar 7 Bentuk Deformasi dan Gaya Dalam Pada Tanah *Sandstone Overburden* 20m



Gambar 8 Bentuk Deformasi dan Gaya Dalam Pada Tanah *Sandstone Overburden* 40m

Tabel 2 Hasil Deformasi dan Gaya Dalam

	Tanah Silt Overburden 20m	Tanah Silt Overburden 40m	Batuan Sandstone Overburden 20m	Batuan Sandstone Overburden 40m
DEFORMASI ($ u $) (m)	0,05183	0,05229	7,43E+02	1,09E+03
AKSIAL (N) [+] (KN/m)	31,75	41,53	42,83	52,85
AKSIAL (N) [-] (KN/m)	-63,38	-63,03	-15,18	-19,94
GESER (Q) [+] (KN/m)	5,882	5,422	7,124	10,01
GESER (Q) [-] (KN/m)	-8,012	-10,01	-6,194	-9,065
MOMEN (M) [+] (KNm/m)	16,11	20,46	3,776	5,361
MOMEN (M) [-] (KNm/m)	-6,6	-5,31	-0,8711	-1,267

4. KESIMPULAN

Hasil analisis pada pemodelan terowongan 3D untuk tanah dan batuan pada *overburden* 20m dan 40m didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil deformasi yang dialami oleh tanah *silt* memiliki nilai yang lebih besar dari deformasi izin, maka dari itu perlu ditambahkan *temporary support* setelah

penggalian untuk dapat mengatur deformasi agar sesuai dengan izin.

2. Hasil deformasi pada batuan *sandstone* memiliki nilai deformasi yang sangat kecil hal ini disebabkan karena penggalian yang dilakukan pada batuan *sandstone* terlalu banyak, sehingga untuk pemodelan untuk batuan *sandstone* cukup dengan menggunakan metode *three bench*.
3. Semakin bertambahnya *overburden* tanah dan batuan maka hasil dari deformasi dan gaya dalam pada *arch crown lining* akan bertambah besar.
4. Hasil deformasi dan gaya dalam yang terjadi pada tanah memiliki nilai yang lebih besar di banding dengan hasil deformasi yang terjadi pada batuan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, E. (2017). Design Considerations for Single Twin-Track Railway NATM Tunnel over Mountainous Terrain in Kenny Hill Formation. Southeast Asian Conference and Exhibition in Tunneling and Underground Space 2019 (SEACETUS2019). Kuala Lumpur: University of Malaya
- Ameratunga. (2016). Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering Australia: Springer
- Benz, T. Schwab, R., Vermeer, P. A., Kauther, R. A. (2007). A Hoek-Brown Criterion With Intrinsic Material Strength Factorization. Int.J. Rock Mechanics and Mining
- Brinkgreve, R. (2019). Plaxis Material Model Manual 2019. Delft: Plaxis BV
- Chan, & baladi. (1985). soil plasticity. Elsevier. Amsterdam.
- Laabmayr, F., & Swoboda, G. (1986). Grundlagen und Entwicklung bei Entwurf und Berechnung im seichtliegenden Tunnel.
- Look. (2007). Geotechnical Investigation and Design Tables. London: taylor & Francis
- Rabcewicz, L. (1964). The New Australian Tunneling Method, Part one, Water Power, November 1964, January, 1965, 19 – 24.
- Ramadani. (2012). Analisis Stabilitas dan Deformasi Tunnel Subway Ruas Bendungan Hilir – Duku Atas Menggunakan Plaxis 3D Tunnel. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- Satria, Mochammad reza. (2021). Analisis Perbandingan Deformasi Metode Galian NATM Dengan Model PLAXIS 3D dan 2D Terowongan Kereta Cepat Jakarta – Bandung. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Schanz, (1988). The hardening soil model. Stuttgart University