

SKRIPSI

PENGARUH DARI *RAYLEIGH DAMPING* DAN *NUMERICAL DAMPING* TERHADAP GAYA – GAYA DALAM YANG BEKERJA PADA TEROWONGAN ANTARA STASIUN THAMRIN DAN MONAS



**RIOWANATA SURYA JATMIKA
NPM : 2017410160**

PEMBIMBING: Siska Rustiani, Ir., M.T.

KO-PEMBIMBING: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

SKRIPSI

PENGARUH DARI *RAYLEIGH DAMPING* DAN *NUMERICAL DAMPING* TERHADAP GAYA – GAYA DALAM YANG BEKERJA PADA TEROWONGAN ANTARA STASIUN THAMRIN DAN MONAS



NAMA: Riowanata Surya Jatmika

NPM: 2017410160

PEMBIMBING : Siska Rustiani, Ir., M.T.

KO-PEMBIMBING : Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

PENGUJI 1 : Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

**PENGUJI 2 : Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir.,
MSCE., Ph.D.**

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : **Riwanata Surya Jatmika**

NPM : **2017410160**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Pengaruh dari Rayleigh damping dan Numerical damping terhadap gaya - gaya dalam yang bekerja pada terowongan antara Stasiun Thamrin dan Monas

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 7 Januari 2022



Riwanata Surya Jatmika
2017410160

PENGARUH DARI *RAYLEIGH DAMPING* DAN *NUMERICAL DAMPING* TERHADAP GAYA – GAYA DALAM YANG BEKERJA PADA TEROWONGAN ANTARA STASIUN THAMRIN DAN MONAS

**RIOWANATA SURYA JATMIKA
NPM : 2017410160**

**PEMBIMBING: Siska Rustiani, Ir., M.T.
KO-PEMBIMBING: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

ABSTRAK

Proyek *Mass Rapid Transit* (MRT) merupakan salah satu pembangunan sistem transportasi massal untuk mengurangi kemacetan di DKI Jakarta. Proyek MRT menggunakan konstruksi terowongan bawah tanah sebagai akses jalur kereta. Dalam melakukan analisis terowongan perlu memperhitungkan pengaruh beban gempa untuk menghindari kerusakan infrastruktur akibat gempa bumi. Parameter dan sifat dinamis tanah berfungsi untuk memprediksi perambatan gelombang yang berpindah menuju struktur tanah. *Rayleigh damping* dan *Numerical damping* merupakan bagian dari parameter dinamis tanah dalam melakukan analisis dinamik. *Rayleigh damping* dan *Numerical damping* akan memberikan hasil numerik yang tepat. Rasio redaman yang digunakan adalah 5% untuk dimasukkan sebagai parameter *Rayleigh Damping* dan nilai *Newmark gamma* (γ) yang digunakan terdiri dari 0, 0,1, 0,2 dan 0,3 untuk dimasukkan sebagai parameter *Numerical damping*. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga yang dimodelkan pada program PLAXIS 2D. Hasil analisis yang didapatkan berupa nilai gaya dalam pada terowongan sebelum dan sesudah pemberian beban gempa dan akselerogram.

Kata Kunci: Akselerogram, Analisis dinamik, Gaya dalam, Gempa, *Numerical damping*, *Rayleigh damping*, Terowongan

THE EFFECT OF RAYLEIGH DAMPING AND NUMERICAL DAMPING ON INTERNAL FORCES OF THE TUNNEL BETWEEN THAMRIN AND MONAS STATION

RIOWANATA SURYA JATMIKA
NPM : 2017410160

Advisor: Siska Rustiani, Ir., M.T.
Co-Advisor: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARY 2022

ABSTRACT

The Mass Rapid Transit (MRT) project is one of the developments of a mass transportation system to reduce congestion in DKI Jakarta. The MRT project uses underground tunnel construction as a rail access. In conducting tunnel analysis, it is necessary to take into account the effect of earthquake loads to avoid damage to infrastructure due to earthquakes. The parameters and dynamic properties of the soil function to predict the propagation of waves that move towards the soil structure. Rayleigh damping and Numerical damping are part of the dynamic parameters of the soil in carrying out dynamic analysis. Rayleigh damping and Numerical damping will give precise numerical results. The damping ratio used is 5% to be entered as a Rayleigh damping parameter and the Newmark gamma (γ) value used consists of 0, 0.1, 0.2 and 0.3 to be entered as a Numerical damping parameter. The analysis process is carried out using the Finite Element Method which is modeled on the PLAXIS 2D program. The results of the analysis obtained are in the form of internal forces in the tunnel before and after the earthquake load and accelerogram.

Keywords : Accelerogram, Dynamic Analysis, Earthquake, Internal Force, Numerical damping, Rayleigh damping, Tunnel

PRAKATA

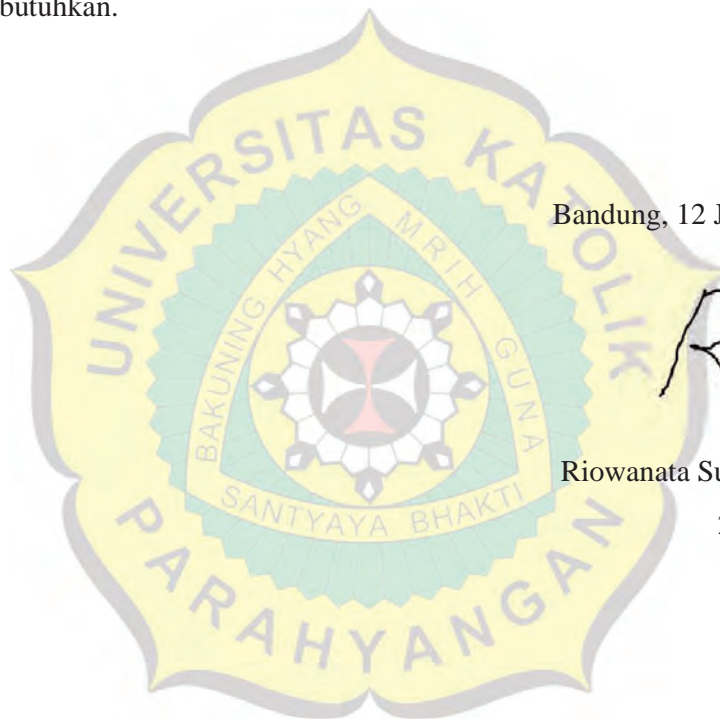
Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh dari *Rayleigh damping* dan *Numerical damping* terhadap gaya - gaya dalam yang bekerja pada terowongan antara Stasiun Thamrin dan Monas.”. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi untuk tingkat sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Dalam penyusunan skripsi ini, tentunya penulis telah melalui banyak rintangan dan hambatan. Namun, berkat adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga membantu dalam kelancaran pada proses penyusunan skripsi ini. Maka dari itu, ijinkan penulis untuk mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang dalam segala kesibukannya telah sabar dalam membimbing, memberi motivasi, masukan serta saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak Martin Wijaya, S.T., Ph.D. selaku ko-pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberi bimbingan, bantuan, dukungan, saran serta ilmu-ilmu baru yang tiada habisnya pada skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan asisten dosen Program Studi Teknik Sipil Bidang Ilmu Geoteknik yang telah memberikan bimbingan dengan memberi komentar, saran, dan pembelajaran selama masa penulisan ini berlangsung.
4. Seluruh dosen dan asisten dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.
5. Seluruh anggota keluarga khususnya Orang Tua yang tak pernah lelah dalam memberikan dukungan, doa dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

6. Seluruh rekan-rekan dari Angkatan 2017, kakak tingkat, dan adik tingkat yang telah membantu penulis selama pembelajaran di Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran dari pembaca agar kedepannya penulis dapat membangun penelitian yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.



Bandung, 12 Januari 2022

Rio

Riowanata Surya Jatmika
2017410160

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	1-2
1.5 Metode Penelitian.....	1-3
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian.....	1-5
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	2-1
2.1 Pengertian terowongan.....	2-1
2.2 Bentuk-Bentuk Terowongan.....	2-1
2.3 Metode Konstruksi Terowongan.....	2-2
2.3.1 <i>Open Face Construction Without a Shield</i>	2-2
2.3.2 <i>Tunnel Boring Machines (TBM)</i>	2-3
2.3.3 <i>Drill And Blast Tunnelling</i>	2-4
2.3.4 <i>New Austrian Tunnelling Method (NATM)</i>	2-4
2.3.5 <i>Cut-and-Cover Tunnel</i>	2-4

2.3.6	<i>Immersed Tube Tunnels</i>	2-5
2.3.7	<i>Jacked Box Tunnelling</i>	2-6
2.3.8	<i>Pipe Jacking and Micro Tunnelling</i>	2-6
2.3.9	<i>Horizontal Directional Drilling</i>	2-6
2.4	Kontraksi pada Terowongan.....	2-6
2.5	Gempa bumi	2-7
2.6	Gelombang Seismik.....	2-7
2.7	Kecepatan Gelombang Geser (v_s).....	2-9
2.8	Analisis Dinamik Beban Gempa	2-9
2.9	Persamaan Dasar Perilaku Dinamis.....	2-10
2.10	<i>Newmark Time Integration</i>	2-12
2.11	Parameter Tanah	2-13
2.11.1	Konsistensi Tanah	2-13
2.11.2	Stratifikasi Lapisan Tanah.....	2-14
2.11.3	Berat Isi Tanah (γ).....	2-15
2.11.4	Kuat Geser Tanah Kohesif Tak Teralir (S_u).....	2-15
2.11.5	Nilai Kohesi Tanah Efektif	2-16
2.11.6	Sudut Geser Dalam efektif (ϕ').....	2-16
2.11.7	Modulus Elastisitas Tanah Efektif (E').....	2-17
2.11.8	<i>Poisson Ratio</i> Efektif (ν')	2-17
2.12	Metode Elemen Hingga	2-18
2.13	<i>Hardening Soil model with small strain (HSsmall)</i>	2-19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		3-1
3.1	Pengumpulan Data.....	3-1
3.2	Pemodelan Lapisan dan Parameter Tanah desain	3-1
3.3	Program Plaxis 2D.....	3-1

3.3.1	<i>Input</i> program Plaxis 2D	3-2
3.3.2	<i>Output</i> program Plaxis 2D	3-7
3.3.3	Pemodelan geometri lapisan tanah dan struktur terowongan.....	3-9
BAB 4 ANALISIS DATA		4-1
4.1	Deskripsi Proyek	4-1
4.2	Penentuan Stratifikasi Tanah.....	4-2
4.3	Parameter Tanah Desain.....	4-3
4.3.1	Korelasi Konsistensi Tanah.....	4-4
4.3.2	Korelasi Berat Isi Tanah.....	4-4
4.3.3	Korelasi Kuat geser Tanah Tak Teralir.....	4-4
4.3.4	Korelasi nilai kohesi tanah efektif.....	4-4
4.3.5	Korelasi sudut geser dalam efektif.....	4-4
4.3.6	Korelasi Angka Poisson Efektif.....	4-4
4.3.7	Korelasi Modulus Elastisitas Tanah.....	4-5
4.4	Parameter Elemen Structural.....	4-6
4.5	Hasil Analisis.....	4-6
4.6	Studi Parametrik Penggunaan <i>Rayleigh damping</i> dan <i>Numerical damping</i> terhadap Gaya-Gaya yang bekerja pada Terowongan	4-7
4.6.1	Studi Parametrik Penggunaan <i>Rayleigh damping</i> dan <i>Numerical damping</i> terhadap Gaya-Gaya yang bekerja pada terowongan dengan nilai cepat rambat gelombang geser yang seragam tiap lapisan.....	4-7
4.6.2	Studi Parametrik Penggunaan <i>Rayleigh damping</i> dan <i>Numerical damping</i> terhadap Gaya-Gaya yang bekerja pada terowongan dengan nilai cepat rambat gelombang geser yang berbeda tiap lapisan	4-17
4.6.3	Selisih/beda (%) dari kombinasi penggunaan <i>Rayleigh damping</i> dan <i>Numerical damping</i> terhadap Gaya-Gaya yang bekerja pada terowongan dengan nilai cepat rambat gelombang geser yang seragam tiap lapisan dengan Penggunaan <i>Rayleigh damping</i> dan <i>Numerical damping</i> terhadap Gaya-Gaya	

yang bekerja pada terowongan dengan nilai cepat rambat gelombang geser yang berbeda tiap lapisan	4-28
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran	5-1
DAFTAR PUSTAKA	xvi



DAFTAR NOTASI

c'	: Kohesi tanah efektif (kPa)
E	: Modulus elastisitas tanah (kPa)
E'	: Modulus elastisitas tanah efektif (kPa)
EA	: <i>Normal stiffness</i>
EI	: <i>Flexural rigidity</i>
E_{50}^{ref}	: Modulus secant dari Uji <i>Triaxial Drained</i> (kPa)
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$: Modulus tangent dari Uji <i>Oedometer</i> (kPa)
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$: Modulus <i>unloading</i> dan <i>reloading</i> (kPa)
G_0^{ref}	: Modulus geser saat regangan sangat kecil (kPa)
K	: Permeabilitas tanah (m/s)
m	: Eksponen kekakuan tanah
N_{SPT}	: Nilai tumbukan pada uji SPT
p^{ref}	: Tekanan referensi
R_f	: Rasio kegagalan
R_{inter}	: Nilai reduksi interaksi tanah dengan struktur
S_u	: <i>Undrained shear strength</i> (kPa)
ϕ'	: Sudut geser dalam tanah efektif ($^{\circ}$)
ν'	: Angka Poisson efektif tanah
v_s	: Kecepatan Gelombang Geser (m/s)
γ	: Berat isi tanah (kN/m^3)
γ_{sat}	: Berat isi tanah jenuh air (kN/m^3)
γ_{unsat}	: Berat isi tanah tidak jenuh air (kN/m^3)
$\gamma_{0,7}$: <i>Shear strain level</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	1-5
Gambar 2.1 Bentuk-bentuk terowongan.....	2-2
Gambar 2.2 Respon Tanah Akibat Gempa P-Wave dan S-Wave	2-8
Gambar 2.3 Respon Tanah Akibat Gempa Rayleigh-Wave dan Love-Wave	2-8
Gambar 2.4 formula Rayleigh damping	2-11
Gambar 2.5 Korelasi Hubungan NSPT Terhadap S_u (Terzaghi dan Peck, 1967; Sowers, 1979).....	2-16
Gambar 2.6 Korelasi Hubungan sudut geser dalam dengan plastisitas indeks	2-17
Gambar 3.1 Model Plane strain dan Axisymetri	3-2
Gambar 3.2 Project Properties.....	3-2
Gambar 3.3 Model.....	3-3
Gambar 3.4 Constants.....	3-3
Gambar 3.5 Lembar kerja awal	3-3
Gambar 3.6 Pilihan menu pada worksheet soil	3-4
Gambar 3.7 Material sets.....	3-4
Gambar 3.8 Pilihan menu pada worksheet structures.....	3-5
Gambar 3.9 Tingkat kekasaran mesh	3-6
Gambar 3.10 Pilihan menu pada worksheet mesh.....	3-6
Gambar 3.11 Pilihan menu pada worksheet Flow Condition.....	3-7
Gambar 3.12 Pilihan menu pada worksheet Staged Construction	3-7
Gambar 3.13 Accelerogram.....	3-8
Gambar 3.14 Deformation.....	3-8
Gambar 3.15 Force	3-8
Gambar 3.16 Input project properties.....	3-9
Gambar 3.17 Input model soil geometry	3-9
Gambar 3.18 Input model structure geometry.....	3-10
Gambar 3.19 Input material soil and interface	3-10
Gambar 3.20 Input material plate	3-10
Gambar 3.21 Create line displacement.....	3-11
Gambar 3.22 Input ground motion	3-11

Gambar 3.23 Generate mesh	3-12
Gambar 3.24 View mesh	3-12
Gambar 3.25 Kondisi awal	3-13
Gambar 3.26 Konstruksi tunnel 1.....	3-13
Gambar 3.27 Line contraction.....	3-14
Gambar 3.28 Konstruksi tunnel 2.....	3-14
Gambar 3.29 Line Displacement.....	3-14
Gambar 3.30 DynLineDisplacement	3-15
Gambar 3.31 General parameter.....	3-15
Gambar 3.32 Numerical control parameter	3-16
Gambar 3.33 Dynamic control parameter	3-16
Gambar 4.1 cakupan proyek MRT fase 2.....	4-1
Gambar 4.2 lokasi tinjauan berada pada Stasiun thamrin dan Stasiun Monas ...	4-2
Gambar 4.3 Lokasi Borehole.....	4-2
Gambar 4.4 N-SPT desain berdasarkan data bor ABS-01.....	4-3
Gambar 4.5 Distribusi Momen pada Tunnel 1	4-8
Gambar 4.6 Distribusi Momen pada Tunnel 2	4-9
Gambar 4.7 Distribusi Shear Force pada Tunnel 1	4-9
Gambar 4.8 Distribusi Shear Force pada Tunnel 2	4-9
Gambar 4.9 Distribusi Axial Force pada Tunnel 1.....	4-10
Gambar 4.10 Distribusi Axial Force pada Tunnel 2.....	4-10
Gambar 4.11 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 1 untuk parameter redaman	4-12
Gambar 4.12 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 2 untuk parameter redaman	4-12
Gambar 4.13 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 3 untuk parameter redaman	4-13
Gambar 4.14 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 4 untuk parameter redaman	4-13
Gambar 4.15 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 1 untuk parameter redaman	4-14

Gambar 4.16 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 2 untuk parameter redaman	4-14
Gambar 4.17 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 3 untuk parameter redaman	4-15
Gambar 4.18 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 4 untuk parameter redaman	4-15
Gambar 4.19 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 1 untuk parameter redaman.....	4-16
Gambar 4.20 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 2 untuk parameter redaman.....	4-16
Gambar 4.21 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 3 untuk parameter redaman.....	4-17
Gambar 4.22 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 4 untuk parameter redaman.....	4-17
Gambar 4.23 Distribusi Momen pada Tunnel 1	4-18
Gambar 4.24 Distribusi Momen pada Tunnel 2	4-19
Gambar 4.25 Distribusi Shear Force pada Tunnel 1	4-19
Gambar 4.26 Distribusi Shear Force pada Tunnel 2	4-19
Gambar 4.27 Distribusi Axial Force pada Tunnel 1.....	4-20
Gambar 4.28 Distribusi Axial Force pada Tunnel 2.....	4-20
Gambar 4.29 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 1 untuk parameter redaman	4-22
Gambar 4.30 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 2 untuk parameter redaman	4-22
Gambar 4.31 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 3 untuk parameter redaman	4-23
Gambar 4.32 Perbandingan input baseline displacement dengan output baseline displacement dengan menggunakan kombinasi 4 untuk parameter redaman	4-23
Gambar 4.33 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 1 untuk parameter redaman	4-24
Gambar 4.34 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 2 untuk parameter redaman	4-24

Gambar 4.35 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 3 untuk parameter redaman 4-25

Gambar 4.36 Perbandingan input baseline velocity dengan output baseline velocity dengan menggunakan kombinasi 4 untuk parameter redaman 4-25

Gambar 4.37 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 1 untuk parameter redaman..... 4-26

Gambar 4.38 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 2 untuk parameter redaman..... 4-26

Gambar 4.39 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 3 untuk parameter redaman..... 4-27

Gambar 4.40 Perbandingan input baseline acceleration dengan output baseline acceleration dengan menggunakan kombinasi 4 untuk parameter redaman..... 4-27



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan NSPT dengan Konsistensi untuk Tanah Butir Halus.....	2-14
Tabel 2.2 Nilai Tipikal Berat Volume Tanah (Sumber: Whilliam T., Whitman, Robert V., 1962).....	2-15
Tabel 2.3 Nilai Parameter Modulus Elastisitas (E_u) dan Modulus Elastisitas Efektif (E')	2-17
Tabel 2.4 Nilai Angka Poisson (ν') berbagai material tanah (sumber :Muni Budhu, 2010).....	2-18
Tabel 4.1 Parameter Tanah Desain.....	4-5
Tabel 4.2 Parameter terowongan.....	4-6
Tabel 4.3 perbandingan gaya dalam pada terowongan	4-6
Tabel 4.4 perbandingan gaya dalam pada terowongan	4-7
Tabel 4.5 pembagian kombinasi.....	4-8
Tabel 4.6 Perbandingan profil gaya gaya dalam pad terowongan berdasarkan kombinasi dari parameter dinamik.....	4-11
Tabel 4.7 Perbandingan nilai gaya gaya dalam pad terowongan berdasarkan kombinasi dari parameter dinamik.....	4-11
Tabel 4.8 Pembagian kombinasi.....	4-18
Tabel 4.9 Perbandingan gaya gaya dalam pada terowongan berdasarkan kombinasi dari parameter dinamik.....	4-21
Tabel 4.10 Perbandingan nilai gaya gaya dalam pada terowongan berdasarkan kombinasi dari parameter dinamik.....	4-21
Tabel 4.11 Perbandingan nilai gaya gaya dalam pada terowongan berdasarkan kombinasi dari parameter dinamik.....	4-28

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DATA BORING LOG ABS-01



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota – kota besar di Indonesia memiliki berbagai macam masalah dalam bidang transportasi, salah satunya kemacetan. Penyebab kemacetan di kota-kota besar Indonesia ialah meningkatnya kecenderungan pemakai jasa transportasi untuk menggunakan kendaraan pribadi dibandingkan dengan kendaraan umum (Tamin, 2000). DKI Jakarta yang menjadi salah satu kota besar di Indonesia mengalami masalah kemacetan. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta memiliki beberapa solusi untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya ialah dengan pembangunan sistem transportasi angkutan massal berupa *Mass Rapid Transit* (MRT) (Kominfo, 2019). Proyek MRT menggunakan konstruksi terowongan bawah tanah untuk akses jalur kereta. Terowongan dianggap tidak terlalu terpengaruh oleh gempa bumi dibandingkan struktur lainnya, sehingga kerentanan seismiknya jarang dipertimbangkan (Wang, 1993) namun dalam beberapa tahun terakhir, kerusakan pada infrastruktur terowongan akibat gempa bumi telah meningkat di seluruh dunia (Hwang, 2018). Maka perlu memperhitungkan pengaruh beban dinamis (beban gempa) terhadap terowongan.

Dalam melakukan analisis dinamik, penentuan parameter dan sifat dinamis tanah merupakan dasar untuk memprediksi perambatan gelombang yang berpindah menuju struktur tanah. Salah satu parameter yang mempengaruhi dalam melakukan analisis dinamik ialah rasio redaman tanah. Sering disadari bahwa rasio redaman tanah yang tepat sulit untuk dievaluasi. Namun, nilai rasio redaman yang benar sangat penting dalam melakukan analisis untuk bangunan yang memiliki persyaratan tahan gempa. Belum ada pendekatan terbaik untuk menentukan parameter rasio redaman tanah dalam analisis dinamik. Ketidakpastian parameter tersebut secara langsung mempengaruhi kepada respon seismik. Dengan demikian, bagaimana mengevaluasi rasio redaman tanah yang cocok untuk analisis dinamik menjadi isu penting.

Dengan begitu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efek penggunaan parameter rasio redaman tanah berupa *Rayleigh damping* dan

Numerical damping terhadap konstruksi terowongan MRT di Jakarta sehingga dapat menunjukkan respon seismik.

1.2 Inti Permasalahan

Potensi gempa yang sangat tinggi di Indonesia dan seiring bertambah setiap tahunnya mengakibatkan dalam perencanaan terowongan perlu mempertimbangkan beban gempa sebagai pencegahan kerusakan infrastruktur. Rasio redaman tanah menjadi salah satu parameter penting dalam analisis dinamik. *Rayleigh damping* dan *Numerical damping* yang bergantung pada frekuensi akan meredam *noise* yang terjadi ketika melakukan simulasi model (Newmark, 1959). Masalah yang terjadi dalam menerapkan *Rayleigh damping* dan *Numerical damping* ialah pemilihan rasio redaman yang tidak tepat dapat mempengaruhi hasil yang dihitung dan dapat menghasilkan hasil numerik yang salah (Kausel, 2014). Oleh karena itu, dilakukan studi parametrik terhadap *Rayleigh damping* dan *Numerical damping* untuk menyoroti efek dari penggunaan kedua redaman tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis terowongan akibat beban dinamis (gempa) untuk memperoleh perilaku bangunan bawah tanah, yaitu gaya - gaya dalam pada terowongan.
2. Membandingkan respon permukaan dasar tanah akibat efek penggunaan parameter *Rayleigh damping* dan *Numerical damping* dalam analisis dinamik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup pembahasan mengenai penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data tanah diperoleh dari penyelidikan tanah di lokasi proyek MRT (*Mass Rapid Transit*) Jakarta, yaitu *Borhole* ABS-01.
2. Penentuan jenis dan parameter tanah berdasarkan hasil uji lapangan serta mengacu pada korelasi- korelasi.

3. Parameter *Rayleigh damping* yang digunakan dalam analisis terowongan akibat beban gempa adalah rasio redaman sebesar 5%.
4. Parameter *Numerical damping* yang digunakan dalam analisis terowongan akibat beban gempa adalah nilai *Newmark* dari *gamma* (γ) sebesar 0, 0,1, 0,2, dan 0,3.
5. Pemodelan dan analisis terowongan akibat beban gempa dilakukan dengan Metode Elemen Hingga dengan bantuan program PLAXIS 2D.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan referensi yang bersumber dari buku, jurnal, artikel penelitian.
2. Pengumpulan Data
Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang terdiri dari data hasil pengeboran, dan profil tanah (N-SPT) terhadap kedalaman serta data *ground motion*.
3. Pemodelan dan Analisis Data
Melakukan pemodelan dan analisis terowongan akibat beban gempa dengan bantuan program berbasis Metode Elemen Hingga, yaitu PLAXIS 2D.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

1. BAB 1 PENDAHULUAN
Bab ini berisi mengenai latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.
2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA
Bab ini berisi mengenai tinjauan teori-teori yang terkait dengan permasalahan yang dianalisis untuk dijadikan acuan dalam studi dan analisis pada skripsi ini.
3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian untuk mendapatkan hasil penelitian.

4. BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA

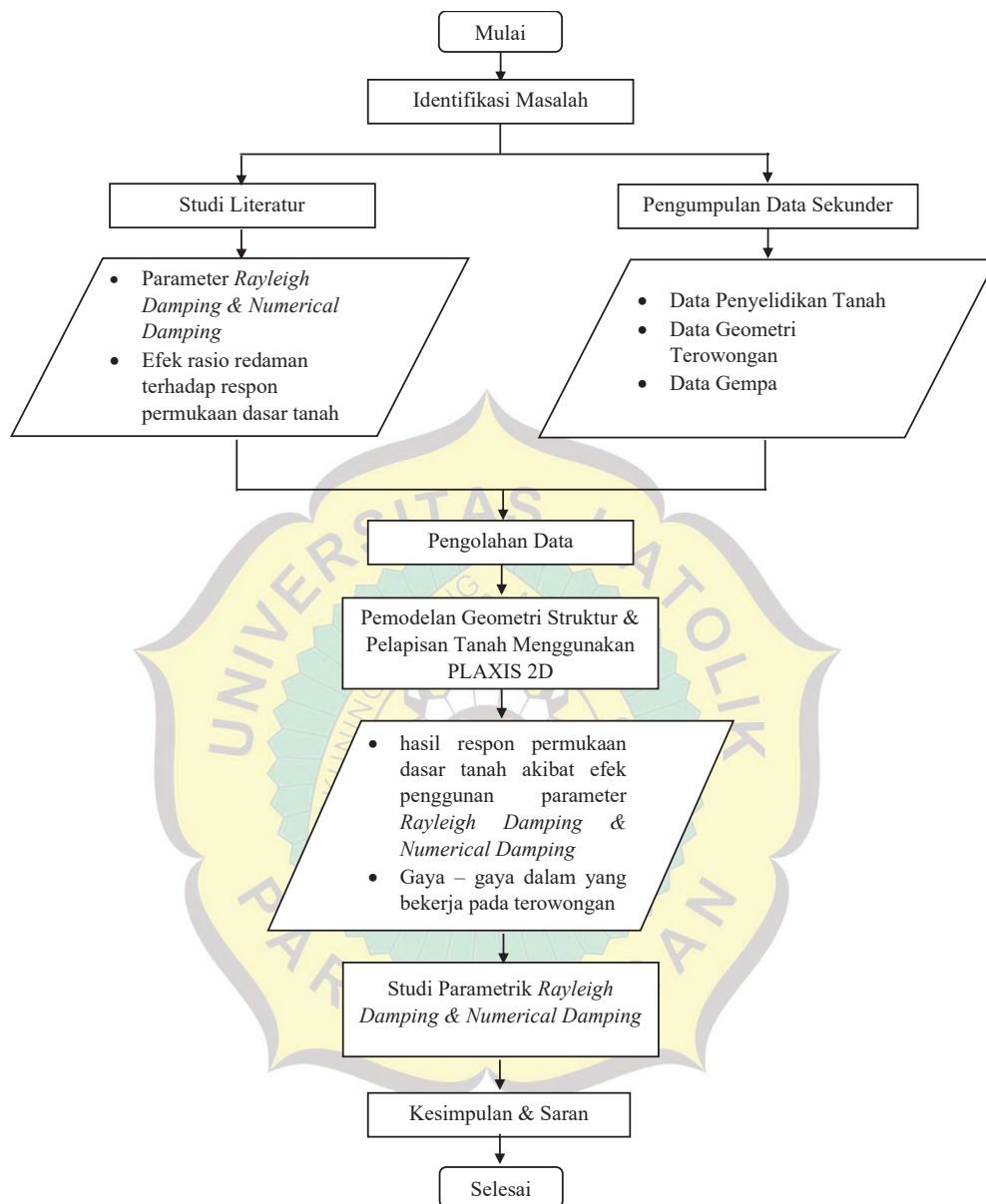
Bab ini berisi mengenai pengolahan data dan analisis data yang diperoleh dari pemodelan dengan bantuan program PLAXIS 2D.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.



1.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian