

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
<i>Abstrak</i>	iv
<i>Abstract</i>	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
BAB 2 DASAR TEORI.....	6
2.1 Definisi Terowongan Bawah Tanah.....	6
2.2 Klasifikasi Terowongan	6
2.2.1 Terowongan Berdasarkan Fungsinya.....	6
2.2.2 Terowongan berdasarkan letak atau posisi dibangun	7
2.2.3 Terowongan berdasarkan material yang dipakai	7
2.3 <i>Tunnel Boring Machine</i>	8
2.3.1 Jenis-jenis <i>Tunnel Boring Machine</i>	9

2.4	Metode Pelaksanaan Terowongan.....	11
2.4.1	Pekerjaan Persiapan	14
2.4.2	Pekerjaan Galian Terowongan (<i>Tunnel Driving</i>).....	16
2.4.3	Pekerjaan Galian pada Rock.....	17
2.4.4	Pekerjaan Pembuangan Hasil Galian.....	19
2.4.5	Pengendalian Air Tanah.....	19
2.5	<i>Lining</i> Terowongan	20
2.6	Sistem Perkuatan Terowongan.....	21
2.6.1	<i>Shotcrete</i>	22
2.6.2	<i>Rockbolt</i>	24
2.6.3	<i>Steel Rib</i>	24
2.7	<i>Grouting</i>	25
2.8	Kriteria Keruntuhan.....	26
2.8.1	Metode Analitik	26
2.8.2	Metode Empirik	26
2.8.3	Teori Mohr – Coulomb.....	26
BAB 3 METODE ELEMEN HINGGA		30
3.1	Pendahuluan	30
3.2	Prosedur Perhitungan Metode Elemen Hingga	31
3.3	Elemen <i>Shell</i>	35
3.4	Kelebihan dan Kekurangan Metode Elemen Hingga.....	35
3.5	Program Komputer MIDAS GTS NX.....	36
3.5.1	Penentuan Input	37
3.6	Pemodelan Terowongan pada MIDAS GTS NX	45
3.7	Diagram Alir.....	55

BAB 4 STUDI NUMERIK.....	56
4.1 Pendahuluan	56
4.2 Hasil Pemodelan pada Program Komputer MIDAS GTS NX....	56
4.2.1 Tahap 1 <i>Initial Phase</i>	56
4.2.2 <i>Construction Stage</i> 1-7	57
4.2.3 <i>Construction Stage</i> 8-14	60
4.2.4 <i>Construction Stage</i> 15.....	63
4.2.5 <i>Construction Stage</i> 16-21	65
4.2.6 <i>Construction Stage</i> 22-28	68
4.3 Analisis Hasil Pemodelan.....	71
4.3.1 Hasil Perpindahan/ <i>Displacement</i>	71
4.3.2 Hasil Tegangan pada Permukaan Galian	75
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77
DAFTAR ACUAN	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Stasiun MRT Jakarta fase 1	1
Gambar 1.2 <i>Tunnel Boring Machine</i>	2
Gambar 1.3 Pemodelan dua dimensi Terowongan Bawah Tanah	3
Gambar 1.4 Pemodelan tiga dimensi Terowongan Bawah Tanah	4
Gambar 1.5 Dimensi Terowongan	4
Gambar 2.1 <i>Hard Rock TBM</i>	9
Gambar 2.2 <i>Earth Pressure Balance (EPB) TBM</i>	10
Gambar 2.3 <i>Slurry Pressure Balance (SPB) TBM</i>	10
Gambar 2.4 <i>Cut and Cover System</i>	11
Gambar 2.5 <i>Pipe Jacking System</i>	12
Gambar 2.6 <i>New Austrian Tunneling Method (NATM)</i>	13
Gambar 2.7 <i>Immersed-Tube Tunneling System</i>	14
Gambar 2.8 Akses Jalan	15
Gambar 2.9 <i>Full Face System</i>	18
Gambar 2.10 <i>Lining Segment</i>	20
Gambar 2.11 <i>Segmental Tunnel Lining</i>	20
Gambar 2.12 Prinsip Penyangga	21
Gambar 2.13 <i>Dry Mix Nozzle</i>	23
Gambar 2.14 <i>Wet Mix Mode</i>	23
Gambar 2.15 <i>Steel Rib</i>	25
Gambar 2.16 <i>Jet Grout</i>	26
Gambar 2.17 Kriteria Mohr	27
Gambar 2.18 Kriteria Keruntuhan Mohr – coulomb	28
Gambar 2.19 Penentuan Faktor Keamanan	29
Gambar 3.1 <i>Meshing</i> pada Plat dengan lubang	31
Gambar 3.2 Tipe Elemen	32
Gambar 3.3 Elemen <i>Shell</i>	35
Gambar 3.4 Program Komputer MIDAS GTS NX	37
Gambar 3.5 Input Parameter Lining	38

Gambar 3.6 Input Parameter <i>Shield</i>	39
Gambar 3.7 Parameter Grout.....	39
Gambar 3.8 Kondisi Batas pada Lapisan Tanah.....	44
Gambar 3.9 Sub-Menu untuk lapisan tanah	45
Gambar 3.10 Sub-Menu untuk Terowongan	45
Gambar 3.11 Material Lapisan Tanah dan Struktur Terowongan	46
Gambar 3.12 Properti Lapisan Tanah dan Struktur Terowongan.....	46
Gambar 3.13 Perancangan Panjang Terowongan.....	47
Gambar 3.14 Penentuan <i>Mesh</i> Pada Terowongan	47
Gambar 3.15 <i>Shield External Pressure</i> dan <i>Segment External Pressure</i>	48
Gambar 3.16 <i>Jack Thrust</i>	48
Gambar 3.17 <i>Drilling Pressure</i>	48
Gambar 3.18 <i>Self Weight</i>	50
Gambar 3.19 Penerapan Kondisi Batas pada Program Komputer.....	50
Gambar 3.20 Perubahan Properti saat Penggalian.....	51
Gambar 3.21 <i>Stage Wizard</i> pada MIDAS GTS NX	52
Gambar 3.22 Tahap <i>Initial Condition</i> dalam Pelaksanaan Konstruksi.....	53
Gambar 3.23 Tahap 1 dalam Pelaksanaan Konstruksi	53
Gambar 3.24 Tahap 2 dalam Pelaksanaan Konstruksi	54
Gambar 3.25 Diagram Alir	55
Gambar 4.1 Perpindahan Arah z Tahap Initial Stage	57
Gambar 4.2 Tegangan Arah z Tahap Initial Stage	57
Gambar 4.3 Skema Tahapan Konstruksi 1-7	58
Gambar 4.4 Perpindahan Arah z Tahap 1-3	58
Gambar 4.5 Perpindahan Arah z Tahap 4-5	58
Gambar 4.6 Perpindahan Arah z Tahap 6-7	59
Gambar 4.7 Tegangan Arah zz Tahap 1-2.....	59
Gambar 4.8 Tegangan Arah zz Tahap 3-4.....	59
Gambar 4.9 Tegangan Arah zz Tahap 5-7.....	60
Gambar 4.10 Skema Tahap Konstruksi 8-14.....	60
Gambar 4.11 Perpindahan Arah z Tahap 8-10	61

Gambar 4.12 Perpindahan Arah z Tahap 11-12	61
Gambar 4.13 Perpindahan Arah z Tahap 13-14	62
Gambar 4.14 Tegangan Arah zz Tahap 8-9.....	62
Gambar 4.15 Tegangan Arah zz Tahap 10-11.....	62
Gambar 4.16 Tegangan Arah zz Tahap 12-13.....	63
Gambar 4.17 Tegangan Arah zz Tahap 14	63
Gambar 4.18 Skema Tahapan Konstruksi 15	63
Gambar 4.19 Perpindahan Arah z Tahap 15.....	64
Gambar 4.20 Tegangan Arah zz Tahap 15	64
Gambar 4.21 Skema Tahapan Konstruksi 16-21	65
Gambar 4.22 Perpindahan Arah z Tahap 16-17	65
Gambar 4.23 Perpindahan Arah z Tahap 18-19	66
Gambar 4.24 Perpindahan Arah z Tahap 20-21	66
Gambar 4.25 Tegangan Arah zz Tahap 16-17.....	66
Gambar 4.26 Tegangan Arah zz Tahap 18-19.....	67
Gambar 4.27 Tegangan Arah zz Tahap 20-21	67
Gambar 4.28 Skema Tahapan Konstruksi 22-28.....	67
Gambar 4.29 Perpindahan Arah z Tahap 22-23	68
Gambar 4.30 Perpindahan Arah z Tahap 24-25	68
Gambar 4.31 Perpindahan Arah z Tahap 26-27	68
Gambar 4.32 Perpindahan Arah z Tahap 28.....	69
Gambar 4.33 Tegangan Arah zz Tahap 22-23.....	69
Gambar 4.34 Tegangan Arah zz Tahap 24-25.....	69
Gambar 4.35 Tegangan Arah zz Tahap 26-27	70
Gambar 4.36 Tegangan Arah zz Tahap 28	70
Gambar 4.37 Grafik <i>Displacement</i> Maksimum Arah z.....	72
Gambar 4.38 Hasil Penelitian yang Serupa	73
Gambar 4.39 Hasil <i>Displacement</i> pada Penelitian Serupa	73
Gambar 4.40 Sumbu GCS pada MIDAS GTS NX.....	74
Gambar 4.41 Grafik Tegangan Maksimum Arah zz	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peningkatan Kekuatan <i>Shotcrete</i> terhadap waktu	23
Tabel 3.1 Parameter Tanah	37
Tabel 3.2 Tahapan Konstruksi	40
Tabel 3.3 <i>Pressure Load</i>	42
Tabel 3.4 Kondisi Batas	44
Tabel 4.1 Hasil <i>Displacement</i> Maksimum Arah z	71
Tabel 4.2 Hasil Tegangan Maksimum Arah zz	75

DAFTAR NOTASI

γ	Berat Jenis Tanah
$r - r$	Bidang Rupture
$\sigma_1 - \sigma_3$	Diameter lingkaran Mohr
F	Faktor Keamanan
$t - t$	Garis Kuat Geser Coulumb
K	Kekakuan Matriks Global
C	Kohesi
Cu	Kuar Geser
E	Modulus Elastisitas
d	Perpindahan
v	Rasio Poisson
ϵ_x	Regangan Arah x
σ_x	Tegangan Arah x
τ	Tegangan Geser
σ	Tegangan Normal