

HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
INTISARI.....	xiv
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Studi Terdahulu.....	4
2.1.1 Karakteristik Tanah Lempung.....	4
2.1.2 Analisis Stabilitas <i>Underpass</i> .....	4
2.2 Keaslian Penelitian.....	7
BAB 3 LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Parameter Tanah .....	10
3.1.1 Berat Volume Tanah ( $\gamma$ ) .....	10
3.1.2 Modulus Elastisitas Tanah ( $E$ ).....	11
3.1.3 <i>Poisson Ratio</i> ( $\nu$ ) .....	12
3.1.4 Kohesi ( $c$ ).....	13
3.1.5 Sudut Gesek Internal ( $\phi$ ) .....	14
3.1.6 Koefisien Permeabilitas ( $k$ ) .....	15
3.2 Dinding Penahan Tanah .....	15
3.3 Muka Air Tanah .....	17
3.4 Pekerjaan Galian pada Tanah Lempung .....	17
3.4.1 Metode Konstruksi Pekerjaan Galian.....	17

3.4.2	Potensi Kegagalan Pekerjaan Galian pada Tanah Lempung.....	18
3.5	Fenomena <i>Base Heave</i> pada Dasar Galian .....	19
3.5.1	Pengaruh <i>Base Heave</i> terhadap Struktur di Atasnya.....	20
3.5.2	Upaya Mitigasi terhadap <i>Base Heave</i> dengan <i>Anti-Uplift Pile</i> .....	22
3.6	Kriteria Pembebanan.....	24
3.6.1	Beban Mati.....	24
3.6.2	Beban Lalu Lintas .....	24
3.6.3	Beban Alat Berat .....	25
3.6.4	Beban Gempa .....	25
3.7	Midas GTS NX .....	28
3.7.1	Pemodelan Tanah dan Struktur serta Interaksi Keduanya .....	29
3.7.2	<i>Construction Stage Analysis</i> .....	32
BAB 4 METODE PENELITIAN (METODE DESAIN).....		34
4.1	Lokasi Penelitian.....	34
4.2	Prosedur Penelitian .....	35
4.2.1	Studi Literatur .....	36
4.2.2	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	36
4.2.3	Perhitungan Tahanan Gesek Tiang .....	37
4.2.4	Pembebanan .....	37
4.2.5	Analisis Pergerakan Tanah dan Perilaku Struktur <i>Underpass</i> .....	37
4.2.6	Hasil dan Pembahasan.....	37
4.2.7	Kesimpulan dan Saran.....	37
4.3	Alat dan data penelitian.....	38
4.3.1	Data Penelitian .....	38
4.3.2	Alat Penelitian.....	38
4.4	Metode Analisis .....	38
4.5	Pemodelan <i>Underpass</i> dengan Midas GTS NX.....	38
BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		45
5.1	Interpretasi Lapisan Tanah.....	45
5.2	Parameter Tanah .....	45
5.3	Pembebanan .....	46
5.3.1	Beban Alat Berat .....	46
5.3.2	Beban Struktur .....	46



5.3.3	Beban Lalu Lintas .....	47
5.3.4	Beban Gempa .....	47
5.4	Analisis Perilaku Tanah dan Struktur <i>Underpass</i> menggunakan <i>Midas GTS NX</i> .....	48
5.4.1	Pemodelan Geometri .....	48
5.4.2	Input Parameter Material .....	49
5.4.3	Perilaku Tanah dan Dinding Diafragma pada Tahap Penggalian .....	50
5.4.4	Rekapitulasi Hasil Analisis Tahap Penggalian .....	58
5.4.5	Perilaku Slab dan Bored Pile Eksisting .....	59
5.4.6	Rekapitulasi dan Evaluasi Desain <i>Slab</i> dan <i>Bored Pile</i> Eksisting .....	73
5.4.7	Alternatif Desain <i>Slab</i> dan <i>Bored Pile</i> .....	74
5.4.8	Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif Desain <i>Slab</i> dan <i>Bored Pile</i> .....	83
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN .....	84
6.1	Kesimpulan .....	84
6.2	Saran .....	85
DAFTAR PUSTAKA	.....	87
LAMPIRAN	.....	92
LAMPIRAN	.....	93

Tabel 2. 1 Keaslian penelitian .....	8
Tabel 3. 1 Nilai rerata berat volume tanah berdasarkan tipe dan jenis tanah (Look, 2014).....	11
Tabel 3. 2 Nilai modulus elastisitas tanah ( $E$ ) (Look, 2014) .....	12
Tabel 3. 3 Nilai <i>poisson's ratio</i> ( $\nu$ ) berdasarkan jenis tanah (Look, 2014) .....	13
Tabel 3. 4 Rentang nilai <i>poisson's ratio</i> ( $\nu$ ) (Das & Sobhan, 2016) .....	13
Tabel 3. 5 Rentang nilai kohesi <i>undrained</i> ( $c_u$ ) berdasarkan N-SPT (Look, 2014).....	14
Tabel 3. 6 Nilai sudut gesek internal berdasarkan N-SPT (Look, 2014) .....	14
Tabel 3. 7 Rentang nilai koefisien permeabilitas (Look, 2014).....	15
Tabel 3. 8 Batasan deformasi diferensial pada <i>slab</i> jalan (Look, 2014) .....	21
Tabel 3. 9 Nilai faktor adhesi ( $\alpha$ ) (AASHTO, 1998) .....	23
Tabel 3. 10 Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas dan beban di luar jalan (SNI 8460: 2017).....	25
Tabel 3. 11 Klasifikasi kelas situs (AASHTO, 2012) dalam (SNI 8460: 2017) .....	26
Tabel 3. 12 Nilai faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik ( $F_{PGA}$ dan $F_A$ ) (AASHTO, 2012) dalam (SNI 8460: 2017) .....	28
Tabel 3. 13 Nilai faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 1 detik ( $F_{PGA}$ dan $F_A$ ) (AASHTO, 2012) dalam (SNI 8460: 2017) .....	28
Tabel 4. 1 Tahapan konstruksi .....	43
Tabel 5. 1 Hasil uji N-SPT BH-01 .....	45
Tabel 5. 2 Parameter tanah .....	46
Tabel 5. 3 Beban elemen nonstruktural.....	47
Tabel 5. 4 Parameter <i>input</i> elemen struktur pada Midas GTS NX .....	49
Tabel 5. 5 Rekapitulasi hasil analisis perilaku tanah dan struktur pada tahap penggalian .....	59
Tabel 5. 6 Rekapitulasi hasil analisis desain eksisting.....	73
Tabel 5. 7 Rekapitulasi hasil analisis alternatif desain <i>slab</i> dan <i>bored pile</i> .....	83

Gambar 2. 1 Grafik hubungan antara nilai <i>heave</i> maksimum ( $\delta z_{0,max}$ ) dan nilai pergeseran horizontal maksimum dinding penahan tanah ( $\delta x, max$ ) (Gao & Li, 2024).....	6
Gambar 3. 1 Komposisi tanah dalam berbagai kondisi (Darwis, 2018) .....	10
Gambar 3. 2 Metode pekerjaan dinding diafragma (Soletanche, 2024).....	16
Gambar 3. 3 Ilustrasi <i>base heave</i> (Gao & Ding, 2021) .....	20
Gambar 3. 4 Jenis deformasi <i>slab</i> akibat <i>base heave</i> (Bulut & Lytton, 2002).....	21
Gambar 3. 5 Diferensial deformasi pada <i>slab</i> (Bulut & Lytton, 2002).....	21
Gambar 3. 6 Detail dimensi <i>excavator</i> PC200-8M1 (Komatsu, 2021).....	25
Gambar 3. 7 Peta percepatan puncak pada batuan dasar (SB) untuk PGA dengan perioda ulang gempa 2500 tahun (PUSGEN, 2017) .....	26
Gambar 3. 8 Skema pemodelan <i>pile solid element method</i> (SEM) (Midas IT, n.d) .....	29
Gambar 3. 9 Skema pemodelan <i>pile beam-solid connectivity method</i> (BSCM) (Midas IT, n.d).....	30
Gambar 3. 10 Skema pemodelan <i>embedded pile method</i> (EPM) (Midas IT, n.d) .....	31
Gambar 3. 11 Ilustrasi <i>pile interface</i> (Midas GTS NX Tutorial).....	31
Gambar 3. 12 Ilustrasi <i>pile tip bearing</i> (Midas IT, n.d).....	31
Gambar 4. 1 Layout <i>Underpass</i> Terbuka X .....	34
Gambar 4. 2 Potongan memanjang <i>Underpass</i> Terbuka X.....	34
Gambar 4. 3 Potongan melintang <i>Underpass</i> Terbuka X Zona-A.....	35
Gambar 4. 4 Bagan alir penelitian.....	35
Gambar 4. 5 Pemodelan geometri .....	39
Gambar 4. 6 <i>Define materials</i> .....	39
Gambar 4. 7 <i>Define properties</i> .....	40
Gambar 4. 8 <i>Generate mesh</i> dan <i>assign materials</i> .....	40
Gambar 4. 9 <i>Input boundary conditions</i> .....	41
Gambar 4. 10 <i>Input boundary</i> tiang .....	41
Gambar 4. 11 <i>Input</i> muka air tanah.....	42
Gambar 4. 12 <i>Input</i> beban .....	42



Gambar 5. 1 Nilai PGA berdasarkan koordinat lokasi Proyek <i>Underpass</i> X pada RSA Ciptakarya .....	47
Gambar 5. 2 Bentuk pemodelan 3D pada Midas GTS NX: (a) Kondisi awal; (b) Pasca-galian; dan (c) Struktur <i>slab</i> dan <i>bored pile</i> .....	49
Gambar 5. 3 Titik tinjauan arah memanjang dan melintang .....	50
Gambar 5. 4 Deformasi vertikal tanah pada dasar galian tahap 1 (galian 0-1 m): (a) Arah sumbu X; (b) Arah sumbu Y .....	51
Gambar 5. 5 Deformasi dinding diafragma dan pergerakan tanah di belakang dinding akibat galian tahap 1 .....	52
Gambar 5. 6 Gaya dalam pada dinding diafragma akibat galian tahap 1: (a) <i>Bending moment</i> ; (b) <i>Shear force</i> .....	52
Gambar 5. 7 Deformasi vertikal tanah pada dasar galian tahap 2 (galian 1-2 m): (a) Arah sumbu X; (b) Arah sumbu Y .....	53
Gambar 5. 8 Deformasi dinding diafragma dan pergerakan tanah di belakang dinding akibat galian tahap 2 .....	54
Gambar 5. 9 Gaya dalam pada dinding diafragma akibat galian tahap 2: (a) <i>Bending moment</i> ; (b) <i>Shear force</i> .....	54
Gambar 5. 10 Deformasi vertikal tanah pada dasar galian tahap 3 (galian 2-3 m): (a) Arah sumbu X; (b) Arah sumbu Y .....	55
Gambar 5. 11 Deformasi dinding diafragma dan pergerakan tanah di belakang dinding akibat galian tahap 3 .....	56
Gambar 5. 12 Gaya dalam pada dinding diafragma akibat galian tahap 3: (a) <i>Bending moment</i> ; (b) <i>Shear force</i> .....	56
Gambar 5. 13 Deformasi vertikal tanah pada dasar galian tahap 4 (galian 3-4,7 m): (a) Arah sumbu X; (b) Arah sumbu Y .....	57
Gambar 5. 14 Deformasi dinding diafragma dan pergerakan tanah di belakang dinding akibat galian tahap 4 .....	58
Gambar 5. 15 Gaya dalam pada dinding diafragma akibat galian tahap 4: (a) <i>Bending moment</i> ; (b) <i>Shear force</i> .....	58
Gambar 5. 16 Deformasi vertikal ( <i>heave</i> ) maksimum pada <i>slab</i> tanpa perkuatan .....	59
Gambar 5. 17 Defleksi maksimum pada <i>slab</i> tanpa perkuatan .....	60
Gambar 5. 18 <i>Pore water pressure</i> .....	60
Gambar 5. 19 Indikasi zona kegagalan tarik pada <i>slab</i> tanpa perkuatan .....	61



Gambar 5. 20	Layout <i>bored pile</i> eksisting .....	62
Gambar 5. 21	Indikasi zona kegagalan tarik pada <i>slab</i> dengan perkuatan eksisting .....	63
Gambar 5. 22	Deformasi vertikal ( <i>heave</i> ) maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan eksisting tahap instalasi .....	63
Gambar 5. 23	Defleksi maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan eksisting tahap instalasi ....	64
Gambar 5. 24	Deformasi lateral <i>bored pile</i> eksisting tahap instalasi: (a) Arah sumbu X; (b) Arah sumbu Y .....	65
Gambar 5. 25	Bentuk deformasi lateral maksimum pada <i>bored pile</i> eksisting tahap instalasi .....	66
Gambar 5. 26	Gaya aksial <i>bored pile</i> eksisting tahap instalasi .....	67
Gambar 5. 27	Deformasi vertikal ( <i>heave</i> ) maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan eksisting masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	68
Gambar 5. 28	Defleksi maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan eksisting masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	68
Gambar 5. 29	Deformasi lateral <i>bored pile</i> eksisting masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	68
Gambar 5. 30	Bentuk deformasi lateral maksimum pada <i>bored pile</i> eksisting masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	69
Gambar 5. 31	Gaya aksial <i>bored pile</i> eksisting masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	69
Gambar 5. 32	Deformasi vertikal ( <i>heave</i> ) maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan eksisting kondisi gempu .....	70
Gambar 5. 33	Defleksi maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan eksisting kondisi gempu ....	71
Gambar 5. 34	Deformasi lateral <i>bored pile</i> eksisting kondisi gempu .....	71
Gambar 5. 35	Bentuk deformasi lateral maksimum pada <i>bored pile</i> eksisting kondisi gempu .....	72
Gambar 5. 36	Gaya aksial <i>bored pile</i> eksisting kondisi gempu .....	72
Gambar 5. 37	Layout <i>bored pile</i> alternatif .....	74
Gambar 5. 38	Indikasi zona kegagalan tarik pada <i>slab</i> dengan perkuatan alternatif .....	75
Gambar 5. 39	Deformasi vertikal ( <i>heave</i> ) maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan alternatif tahap instalasi .....	76
Gambar 5. 40	Defleksi maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan alternatif tahap instalasi ....	76
Gambar 5. 41	Deformasi lateral <i>bored pile</i> alternatif tahap instalasi .....	77
Gambar 5. 42	Bentuk deformasi lateral maksimum pada <i>bored pile</i> alternatif tahap instalasi .....	77



Gambar 5. 43 Gaya aksial <i>bored pile</i> alternatif tahap instalasi.....	78
Gambar 5. 44 Deformasi vertikal ( <i>heave</i> ) maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan alternatif masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	79
Gambar 5. 45 Defleksi maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan alternatif masa operasional ( <i>layan</i> ).....	79
Gambar 5. 46 Deformasi lateral <i>bored pile</i> alternatif masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	79
Gambar 5. 47 Bentuk deformasi lateral maksimum pada <i>bored pile</i> alternatif masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	80
Gambar 5. 48 Gaya aksial <i>bored pile</i> alternatif masa operasional ( <i>layan</i> ) .....	80
Gambar 5. 49 Deformasi vertikal ( <i>heave</i> ) maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan alternatif kondisi gempa.....	81
Gambar 5. 50 Defleksi maksimum pada <i>slab</i> dengan perkuatan alternatif kondisi gempa ...	81
Gambar 5. 51 Deformasi lateral <i>bored pile</i> alternatif kondisi gempa.....	82
Gambar 5. 52 Bentuk deformasi lateral maksimum pada <i>bored pile</i> alternatif kondisi gempa .....	82
Gambar 5. 53 Gaya aksial <i>bored pile</i> alternatif kondisi gempa .....	83