

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang	15
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Tujuan Penelitian	16
1.4 Batasan Masalah	16
1.5 Manfaat Penelitian	17
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1 Studi Potensi Likuefaksi di Desa Jono Oge dan Lolu	18
2.1.1 Potensi Gempa di Pulau Sulawesi	21
2.1.2 Evaluasi Potensi Likuefaksi	21
2.1.3 Metode Mitigasi Likuefaksi	23
2.1.4 Metode Elemen Hingga	24
2.2 Kebaruan Penelitian	26
BAB 3 LANDASAN TEORI	27
3.1 Data dan Jenis Tanah	27
3.1.1 Kelas situs tanah	27
3.1.2 Parameter tanah dan korelasi berdasarkan nilai <i>SPT</i>	27
3.2 <i>Peak Ground Acceleration (PGA)</i>	29
3.3 Analisis Potensi Likuefaksi	30
3.3.1 <i>Cyclic Stress Ratio (CSR)</i>	30
3.3.2 <i>Cyclic Resistance Ratio (CRR)</i>	31
3.3.3 Nilai faktor keamanan terhadap likuefaksi (<i>FOS</i>)	31
3.3.4 Indeks Potensi Likuefaksi/ <i>Liquefaction Potential Index (LPI)</i>	32
3.3.5 Indeks keparahan likuefaksi/ <i>Liquefaction Severity Index (LSI)</i>	32
3.4 Potensi Perpindahan Lateral dan Penurunan Tanah	33
3.4.1 Indeks perpindahan lateral/ <i>Lateral Displacement Index (LDI)</i>	33
3.4.2 Penurunan tanah pasca likuefaksi (<i>Reconsolidation Settlement</i>)	33
3.5 Analisis Elemen Hingga dengan <i>Midas GTS-NX</i>	34
3.5.1 Pembebanan	40
3.5.2 Material dan properti pada model	41
3.5.3 Kondisi <i>boundaries</i> pada model	45

BAB 4 METODE PENELITIAN	47
4.1 Lokasi Penelitian	47
4.2 Prosedur Penelitian	47
4.2.1 Studi Literatur	48
4.2.2 Pengumpulan Data	48
4.2.3 Evaluasi Potensi Likuefaksi ulang dengan <i>simplified procedure</i>	49
4.2.4 Analisis Nilai <i>Lateral Displacement Index</i> dan <i>Reconsolidation Settlement</i> ..	49
4.2.5 Analisis Elemen Hingga pada Konstruksi Saluran Irigasi	49
4.2.6 Pembahasan Hasil Analisis dan Kesimpulan	58
4.2.7 Pembahasan Hasil Analisis dan Kesimpulan	58
4.3 Data Penelitian	58
4.4 Parameter Penelitian	59
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	62
5.1 Evaluasi Potensi Likuefaksi	62
5.1.1 Distribusi ukuran butir tanah	64
5.1.2 Hasil faktor keamanan likuefaksi (<i>FOS</i>) pada lapisan tanah	68
5.1.3 Hasil indeks potensi likuefaksi (<i>LPI</i>) dan pemetaannya pada saluran irigasi .	71
5.1.4 Hasil Indeks Keparahan Likuefaksi (<i>LSI</i>)	74
5.2 Analisis nilai <i>Lateral Displacement Index</i> dan <i>Reconsolidation Settlement</i>	76
5.2.1 Hasil analisis potensi perpindahan lateral tanah	76
5.2.2 Hasil analisis potensi penurunan tanah pasca likuefaksi	77
5.3 Analisis Dinamik Saluran Irigasi Pada Tanah Terlikuefaksi	80
5.3.1 Potensi lapisan tanah terlikuefaksi dan akibat penerapan konstruksi timbunan serta parit batu pada saluran irigasi	81
5.3.2 Perpindahan pada dasar saluran irigasi dengan kondisi tanah terlikuefaksi ...	89
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	92
6.1 Kesimpulan	92
6.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data <i>borehole</i> AP1 dan AP2 (Andiny, 2022; Pratama, 2022).	20
Tabel 2.2 Data parameter kolom batu (Castro, 2014).	24
Tabel 3.1 Klasifikasi kelas situs tanah (SNI 1726:2019).	27
Tabel 3.2 Rentang nilai (γ_b) dan (γ_{sat}) pada tanah non kohesif (Whilliam dkk., 1962).	28
Tabel 3.3 Rentang nilai (γ_b) dan (γ_{sat}) pada tanah kohesif (Whilliam dkk., 1962).	28
Tabel 3.4 Rentang nilai kohesi tanah (c) pada <i>intermediate soils</i> (Kumar dkk., 2016).	28
Tabel 3.5 Rentang nilai kohesi tanah (c) pada tanah kohesif (Kumar dkk., 2016).	28
Tabel 3.6 Rentang nilai sudut geser tanah (ϕ) (Kumar dkk., 2016).	29
Tabel 3.7 Rentang nilai <i>poisson's ratio</i> (ν) (Kumar dkk., 2016).	29
Tabel 3.8 Koefisien Situs F_{PGA} (SNI 1726:2019).	30
Tabel 3.9 Klasifikasi kategori indeks potensi likuefaksi (Sonmez, 2003).	32
Tabel 3.10 Klasifikasi kategori indeks keparahan likuefaksi. (Sonmez dan Gokceoglu, 2005).	33
Tabel 3.11 Klasifikasi kerusakan akibat penurunan tanah (Ishihara, 1996).	34
Tabel 3.12 Jenis pembebanan pada elemen <i>plane strain</i> (Midas Geotech, 2021).	38
Tabel 3.13 <i>Result article</i> pada elemen <i>plane strain</i> (Midas Geotech, 2021).	39
Tabel 3.14 <i>Result article</i> pada elemen <i>plane strain</i> termasuk <i>pore water</i> (Midas Geotech, 2021).	39
Tabel 3.15 <i>Result article</i> pada elemen <i>plane strain</i> termasuk <i>pore water</i> (Midas Geotech, ...	40
Tabel 3.16 Rentang nilai modulus elastisitas (E) pada tanah (Bowles, J. E., 1997)	41
Tabel 3.17 Rentang nilai <i>Poisson's ratio</i> (ν). (Bowles, 1997).	42
Tabel 4.1 Data lokasi <i>Borehole</i> di Desa Jono Oge dan Lolu.	58
Tabel 4.2 Data material timbunan dan parit batu rencana mitigasi likuefaksi.	59
Tabel 4.3 Data material beton saluran irigasi.	59
Tabel 4.4 Parameter lapisan tanah pada lokasi BH2 (Bagian I).	60
Tabel 4.5 Parameter lapisan tanah pada lokasi BH2 (Bagian II).	61
Tabel 5.1 Nilai indeks potensi likuefaksi (LPI) pada Skenario 1.	72
Tabel 5.2 Nilai indeks potensi likuefaksi (LPI) pada Skenario 2 dan Skenario 3.	74
Tabel 5.3 Nilai indeks keparahan likuefaksi (LSI) pada Skenario 1.	75
Tabel 5.4 Nilai indeks keparahan likuefaksi (LSI) pada Skenario 2 dan Skenario 3.	75
Tabel 5.5 Potensi perpindahan lateral tanah pada Skenario 1, 2 dan 3.	77
Tabel 5.6 Potensi penurunan tanah pasca likuefaksi pada Skenario 1.	78
Tabel 5.7 Potensi penurunan tanah pasca likuefaksi pada Skenario 2 dan Skenario 3.	78
Tabel 5.8 Model analisis elemen hingga saluran irigasi pada lokasi BH2.	80

Gambar 1.1 Kondisi kerusakan saluran primer saluran Irigasi Gumbasa BGKN-45 (Kementerian PUPR, 2022).....	15
Gambar 2.1 Kondisi saluran irigasi tanah (tanpa pasangan) di Desa (a) Jono Oge dan (b) Lolu yang akan direkonstruksi pada Tahun 2023.	18
Gambar 2.2 Lokasi penyelidikan tanah tahun 2019 (AP1, AP2) dan tahun 2021 (BH1-BH13) di area Jono Oge dan Lolu (modifikasi dari Kementerian Agraria dan Tata Ruang Republik Indonesia Indonesia, 2019).....	19
Gambar 2.3 Peta lokasi sesar Palu-Koro (Patria dan Putra, 2020) dan titik episenter gempa Palu-Donggala 2018 serta arah pergerakan sesar (Sotiris dkk., 2018).....	21
Gambar 2.4 <i>Treasuer Island</i> : profil tanah riil (a) dan ideal (b); c) komponen kecepatan E-W yang terukur di permukaan dan di batuan dasar serta kecepatan yang terukur dan yang diperkirakan di <i>Ti</i> ; d) tekanan efektif rata-rata yang dihitung terhadap kedalaman (Cudmani, 2013).....	22
Gambar 2.5 Dimensi tipikal untuk tanah homogen isotropik yang dibebani oleh timbunan (Azizi, 2000).....	25
Gambar 2.6 Hasil analisis potensi likuefaksi berupa peningkatan nilai <i>ru</i> pada PLAXIS 2D (Mulyawan, 2023).	25
Gambar 2.7 (a) Penurunan permukaan tanah dan (b) rasio tekanan air pori berlebih pada lima <i>borehole</i> selama gempa Pohang (Park dkk., 2020).....	26
Gambar 3.1 Menu <i>Dynamic Analysis</i>	34
Gambar 3.2 Menu <i>Geometry</i>	35
Gambar 3.3 koordinat sistem pada elemen plain strain (<i>Midas Geotech</i> , 2021).	37
Gambar 3.4 Definisi sumbu material untuk elemen <i>plane strain</i> menggunakan sudut (<i>Midas Geotech</i> , 2021).	37
Gambar 3.4 Definisi sumbu material untuk <i>plane strain</i> menggunakan sistem koordinat (<i>Midas Geotech</i> , 2021).	37
Gambar 3.3 Menu <i>Load</i>	40
Gambar 3.7 Contoh hasil analisis <i>Nonlinear Time History</i> saat gempa (<i>Midas Geotech</i> , 2021).....	43
Gambar 3.8 Pengaturan <i>constraint</i> pada model.	45
Gambar 3.9 Penggunaan <i>free field boundary</i> pada model (<i>Midas Geotech</i> , 2021).	46
Gambar 4.1 Bagan alir penelitian.....	48
Gambar 4.2 Menu <i>create material</i>	50
Gambar 4.3 Rekaman <i>Ground Motion</i> Gempa Palu 28 September 2018 (BMKG Palu, 2018).....	51
Gambar 4.4 Input rekaman gempa Palu 28 September 2018 pada <i>Midas GTS-NX</i>	51
Gambar 4.5 Potongan melintang saluran irigasi tanah STA 3+200 di Desa Jono Oge (Kementerian PUPR, 2023).....	52
Gambar 4.6 Geometri pemodelan potongan melintang saluran irigasi tanah STA 3+200 di Desa Jono Oge.....	52

Gambar 4.7 Potongan melintang saluran irigasi tanpa parit batu STA 3+200 di Desa Jono Oge (modifikasi dari Kementerian PUPR, 2023).....	53
Gambar 4.8 Geometri pemodelan potongan melintang saluran irigasi tanpa parit batu STA 3+200 di Desa Jono Oge.	53
Gambar 4.9 Potongan melintang saluran irigasi pasangan STA 3+200 di Desa Jono Oge (Kementerian PUPR, 2023).....	54
Gambar 4.10 Geometri pemodelan potongan melintang saluran irigasi pasangan STA 3+200 di Desa Jono Oge.	54
Gambar 4.11 Respon Spektra berdasarkan rekaman gempa Palu 28 September 2018 dengan <i>damping</i> 5%.....	55
Gambar 4.12 Lokasi Stasiun BMKG Palu dan Pusat Gempa Palu 28 September 2018.....	55
Gambar 4.13 Peta kelas situs pada titik uji <i>Multi Channel Analysis of Surface Waves</i> di area Sulawesi Tengah (Kementerian PUPR, 2021).	56
Gambar 4.14 Menu <i>Construction Stage</i>	57
Gambar 4.15 Menu <i>Add/Modify Analysis Case</i>	57
Gambar 4.16 Hasil VS ₃₀ pada L03 di Desa Jono Oge (Kementerian PUPR, 2021).	59
Gambar 4.17 Hasil VS ₃₀ pada L04 di Desa Jono Oge (Kementerian PUPR, 2021).	59
Gambar 5.1 Peta Formasi Geologi Kabupaten Sigi (modifikasi dari Kementerian ESDM, 2022).....	62
Gambar 5.2 Stratigrafi tanah BH1 s.d BH4 di Desa Jono Oge.	63
Gambar 5.3 Stratigrafi tanah BH5 s.d BH8 di Desa Jono Oge.	64
Gambar 5.4 Stratigrafi tanah BH10 s.d BH3 di Desa Lolu.....	64
Gambar 5.5 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH4 (modifikasi dari Tsuchida, 1970).	65
Gambar 5.6 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH5 (modifikasi dari Tsuchida, 1970).	65
Gambar 5.7 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH6 (modifikasi dari Tsuchida, 1970).	66
Gambar 5.8 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH7 (modifikasi dari Tsuchida, 1970).	66
Gambar 5.9 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH8 (modifikasi dari Tsuchida, 1970).	66
Gambar 5.10 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH9 (modifikasi dari Tsuchida, 1970). ..	67
Gambar 5.11 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH11 (modifikasi dari Tsuchida, 1970).	67
Gambar 5.12 Distribusi ukuran butiran tanah pada BH3 (modifikasi dari Tsuchida, 1970). ..	67
Gambar 5.13 Faktor kemaanan likuefaksi pada titik (a) BH1 dan (b) BH8.....	68
Gambar 5.14 Faktor kemaanan likuefaksi pada titik (a) BH2, (b) BH5 dan (c) BH9.....	69
Gambar 5.15 Faktor kemaanan likuefaksi pada titik (a) BH10, (b) BH11, dan (c) BH13.....	69
Gambar 5.16 Faktor kemaanan likuefaksi pada titik BH2 dengan kedalaman muka air tanah (a) -3,5 m dan (b) -14,08 m.	71
Gambar 5.17 Peta bahaya likuefaksi dengan pengamatan <i>GWL</i> tanggal 30 November 2021 (modifikasi dari Kementerian Agraria dan Tata Ruang Republik Indonesia Indonesia, 2019).....	73
Gambar 5.18 Pemetaan <i>reconsolidation settlement</i> di daerah Jono Oge dan Lolu pada Skenario 1 (modifikasi dari Kementerian Agraria dan Tata Ruang Republik Indonesia Indonesia, 2019).	79
Gambar 5.19. Hasil analisis potensi likuefaksi di akhir durasi gempa (14 detik) pada <i>Midas GTS-NX</i> pada Model I dengan skenario II (<i>GWL</i> -3,5m).....	82



Gambar 5.20. Hasil analisis potensi likuefaksi di akhir durasi gempa (14 detik) pada <i>Midas GTS-NX</i> pada Model I dengan skenario III (GWL -14,08m).	82
Gambar 5.21. Hasil analisis potensi likuefaksi di akhir durasi gempa (14 detik) pada <i>Midas GTS-NX</i> pada Model II dengan skenario II (GWL -3,5m).	83
Gambar 5.22. Hasil analisis potensi likuefaksi di akhir durasi gempa (14 detik) pada <i>Midas GTS-NX</i> pada Model II dengan skenario III (GWL -14,08m).	83
Gambar 5.23. Hasil analisis potensi likuefaksi di akhir durasi gempa (14 detik) pada <i>Midas GTS-NX</i> pada Model III dengan skenario II (GWL-3,5m).	84
Gambar 5.24. Hasil analisis potensi likuefaksi di akhir durasi gempa (14 detik) pada <i>Midas GTS-NX</i> pada Model III dengan skenario III (GWL -14,08m).	84
Gambar 5.25. Titik tinjau hasil analisis elemen hingga pada (a) Model I, (b) Model II, dan (c) Model III.	85
Gambar 5.26. Perubahan nilai ru selama periode gempa pada lapisan tanah kedalaman (a) -8,25 m (titik tinjau A) dan (b) -15,75 m (titik tinjau B).....	86
Gambar 5.27. Perubahan <i>mean effective pressure</i> lapisan tanah pada dasar saluran irigasi dengan tinggi muka air tanah (a) -3,5 m dan (b) -14,08 m.	88
Gambar 5.28 Perbandingan perpindahan lateral selama periode gempa pada dasar saluran irigasi (titik tinjau C dan F).	89
Gambar 5.29 Perbandingan perpindahan vertikal selama periode gempa pada dasar saluran irigasi (titik tinjau C dan F).	90