

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
INTISARI .....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
BAB I 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
1.6 Keaslian Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Kondisi Geologi Regional di Pulau Sulawesi .....	5
2.2 Kondisi Kegempaan di Daerah Penelitian .....	6
2.3 <i>Ground Motion Prediction Equation</i> .....	6
2.4 <i>Seismic Hazard Analysis</i> .....	7
2.5 Likuefaksi.....	8
2.6 Fondasi Tiang Pancang .....	12
BAB III LANDASAN TEORI .....	15
3.1 Menentukan Nilai <i>Peak Ground Acceleration</i> .....	15
3.2 Menentukan Parameter Tanah dengan Pendekatan <i>N-SPT</i> .....	19
3.3 Analisis Potensi Likuefaksi dengan Metode <i>Simplified Procedure</i> .....	21
3.3.1 <i>Cyclic Stress Ratio (CSR)</i> .....	22
3.3.2 <i>Cyclic Resistance Ratio (CRR)</i> .....	22
3.4 <i>Liquefaction Potential Index (LPI)</i> .....	24
3.5 Daya Dukung Fondasi Tiang .....	25
3.6 Penurunan Parameter Kuat Geser pada Kondisi Terlikuefaksi.....	26
3.7 Software Plaxis 2D v8.6.....	28
3.7.1 <i>Plaxis Input</i> .....	28
3.7.2 <i>Plaxis Calculation</i> .....	33
3.7.3 <i>Plaxis Output</i> .....	34
3.7.4 <i>Plaxis Curves</i> .....	34
BAB IV METODE PENELITIAN .....	36
4.1 Lokasi Penelitian.....	36
4.2 Bagan Alir Penelitian .....	36
4.3 Tahap Studi Literatur .....	36

4.4	Tahap pengumpulan data .....	38
4.5	Analisis Kegempaan.....	40
4.6	Analisis Potensi Likuefaksi.....	41
4.7	Analisis <i>Liquefaction Potential Index (LPI)</i> .....	41
4.8	Menentukan <i>PGA</i> dan <i>M<sub>w</sub></i> Minimum yang Dapat Memicu Likuefaksi .....	41
4.9	Evaluasi Daya Dukung Fondasi dengan Persamaan Meyerhof (1976).....	42
4.10	Evaluasi Deformasi Fondasi dengan Plaxis 2D v8.6 .....	42
4.11.1	Model geometri.....	42
4.11.2	Input parameter .....	44
4.11.3	<i>Meshing</i> dan <i>initial condition</i> .....	45
4.11.4	<i>Calculation</i> .....	46
4.11.5	<i>Output</i> dan pembuatan kurva.....	48
BAB V	PEMBAHASAN.....	49
5.1	Kondisi Geologis Daerah Penelitian .....	49
5.2	Hasil Pengujian Tanah di Lokasi Penelitian .....	49
5.3	Penentuan Nilai <i>PGA (Peak Ground Acceleration)</i> .....	51
5.4	Analisis Potensi Likuefaksi.....	54
5.5	Analisis <i>Liquefaction Potential Index (LPI)</i> .....	60
5.6	Parameter Gempa Terkecil yang Dapat Memicu Potensi Likuefaksi .....	61
5.7	Evaluasi Daya Dukung Tanah pada Kondisi Likuefaksi .....	65
5.8	Evaluasi Penurunan Pondasi yang Terjadi pada Kondisi Likuefaksi.....	68
5.8.1	Parameter lapisan tanah .....	68
5.8.2	Parameter model beton dengan material <i>plates</i> .....	69
5.8.3	Parameter gempa untuk diinput ke dalam Plaxis 2D v8.6.....	69
5.8.4	Pemodelan tanah terlikuefaksi dalam Plaxis 2D v8.6.....	71
5.8.5	Analisis deformasi saat kejadian gempa dalam Plaxis 2D v8.6 .....	72
5.8.6	Analisis deformasi pada akhir masing-masing <i>Calculation Phase</i> .....	78
5.8.7	Pengaruh gempa dan likuefaksi terhadap gaya dalam fondasi .....	85
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	88
6.1	Kesimpulan .....	88
6.2	Saran.....	89
	DAFTAR PUSTAKA .....	90
	DAFTAR LAMPIRAN .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Koefisien situs berdasarkan SNI 1726:2019.....	18
Tabel 3.2 Klasifikasi situs FPGA berdasarkan SNI 1726:2019.....	18
Tabel 3.3 Tabel berat jenis tanah ( $\gamma$ ) (William et al., 1962).....	19
Tabel 3.4 Tabel berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) (William et al., 1962) .....	19
Tabel 3.5 Tabel modulus elastisitas tanah (E) (Prakash & Sharma, 1990) .....	20
Tabel 3.6 Tabel angka poisson ( $\nu$ ) (Bowles, 1997) .....	20
Tabel 3.7 Tabel koefisien permeabilitas (k) (Sosrodarsono et al., 1983) .....	20
Tabel 3.8 Tabel sudut geser dalam ( $\phi$ ) (Meyerhof, 1956) .....	21
Tabel 3.9 Tabel kohesi untuk tanah intermediate (Karol, 1960) .....	21
Tabel 3.10 Tabel penentuan faktor koreksi SPT (Idriss & Boulanger, 2008) .....	25
Tabel 3.11 Tabel Nilai $\Delta(N1)_{60} - S_r$ rekomendasi Seed (1987) .....	27
Tabel 4.1 Tabel parameter tanah yang diinput di plaxis.....	44
Tabel 4.2 Tabel parameter tiang pancang dan balok beton .....	45
Tabel 4.3 Tabel parameter tanah sebelum dan setelah likuefaksi.....	47
Tabel 5.1 Tabel Data Pengeboran.....	50
Tabel 5.2 Tabel perhitungan nilai N-SPT rata-rata untuk titik BKN-BH02.....	50
Tabel 5.3 Tabel <i>History</i> dan Proyeksi Gempa di Lokasi Penelitian.....	52
Tabel 5.4 Tabel Nilai PGA dari Berbagai Referensi .....	54
Tabel 5.5 Tabel hasil analisis potensi likuefaksi untuk BKN-BH01 .....	56
Tabel 5.6 Tabel hasil analisis potensi likuefaksi untuk BKN-BH02.....	56
Tabel 5.7 Tabel hasil analisis potensi likuefaksi untuk BKN-BH03.....	57
Tabel 5.8 Tabel hasil analisis potensi likuefaksi untuk BKN-BH04.....	58
Tabel 5.9 Tabel LPI untuk titik BH02 dengan Metode Liu and Tsai (2005) .....	60
Tabel 5.10 Tabel LPI berbagai titik bor.....	61
Tabel 5.11 Tabel pemodelan gempa untuk analisa potensi likuefaksi .....	62
Tabel 5.12 Tabel FS untuk berbagai parameter gempa di BKN-BH03 berdasarkan Metode Liu and Tsai (2005).....	63
Tabel 5.13 Tabel gempa terkecil yang memicu likuefaksi .....	64
Tabel 5.14 Tabel gempa terkecil yang memicu likuefaksi di lapisan tanah <14,8m.....	64
Tabel 5.15 Tabel gempa terkecil yang memicu likuefaksi dengan mempertimbangkan lapisan tanah terlikuefaksi .....	64
Tabel 5.16 Tabel tahanan gesek tiang fondasi pada kondisi normal .....	65
Tabel 5.17 Tabel nilai tahanan gesek tiang pada kondisi terlikuefaksi .....	67
Tabel 5.18 Rekaman Gempa Subduksi dari USGS .....	71
Tabel 5.19 Tabel rekapitulasi deformasi masing-masing as fondasi.....	83
Tabel 5.20 Tabel rekapitulasi deformasi masing-masing kondisi permodelan .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kalatog gempa hasil relokasi (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017) .....	5
Gambar 2.2 Struktur geologi regional di pulau sulawesi (Daryono, 2016).....	5
Gambar 2.3 Peta gempa sebelum dan setelah direlokasi (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017) .....	7
Gambar 2.4 Seismisitas di Sulawesi untuk gempa dengan magnitudo lebih dari 4,5 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).....	7
Gambar 2.5 <i>Sand boil</i> (Committee on Earthquake Research, 1982) .....	9
Gambar 2.6 <i>Flow failure</i> (Committee on Earthquake Research, 1982) .....	10
Gambar 2.7 <i>Lateral spreads</i> (Youd, 1984).....	10
Gambar 2.8 <i>Ground oscillation</i> (Youd, 1984).....	10
Gambar 2.9 Kehilangan daya dukung tanah akibat likuefaksi (Youd, 1984).....	10
Gambar 2.10 Potensi likuefaksi di Bunaken (Badan Geologi, 2019).....	13
Gambar 2.11 Keruntuhan fondasi tiang dalam menahan beban (Hardiyatmo, 2008) ....	14
Gambar 3.1 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) Deterministik Akibat Sumber Gempa Subduksi dengan 84-Percentile (Pusgen, 2017).....	17
Gambar 3.2 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) untuk Probabilitas Terlampaui 5% Dalam 10 Tahun (Pusgen, 2017).....	17
Gambar 3.3 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun (Pusgen, 2017) .....	18
Gambar 3.4 Grafik $S_r$ terhadap nilai $(N_1)_{60cs-Sr}$ (Idriss & Boulanger, 2008).....	27
Gambar 3.5 Sistem koordinat dan arah positif untuk komponen – komponen tegangan (Brinkgreve & Broere, 2006).....	29
Gambar 3.6 Model plane strain dan axisymmetric (Brinkgreve & Broere, 2006) .....	29
Gambar 3.7 Posisi titik-titik nodal dan titik-titik tegangan pada elemen tanah (Brinkgreve & Broere, 2006) .....	29
Gambar 3.8 Distribusi titik nodal dan titik tegangan dalam interface dan hubungannya dengan elemen tanah (Brinkgreve & Broere, 2006).....	30
Gambar 4.1 Layout pekerjaan di sekitar dermaga eksisting pulau bunaken .....	37
Gambar 4.2 Bagan alir penelitian .....	39
Gambar 4.3 Gambar struktur bangunan terminal (a) denah pilecap, (b) potongan struktur, (c) detail pondasi tiang pancang .....	40
Gambar 4.4 Model struktur pada plaxis.....	43
Gambar 4.5 Proses meshing .....	45
Gambar 4.6 Proses initial condition.....	46
Gambar 4.7 Model time history gempa untuk analisis dinamis (USGS, 2022).....	47
Gambar 5.1 Potongan memanjang titik bor BKN-BH01, BKN-BH02, dan BKN-BH03 (Soilens, 2021) .....	51
Gambar 5.2 Grafik FS terhadap kedalaman.....	59
Gambar 5.3 Ground motion gempa Palu 2018 (JICA & BMKG, 2018).....	70
Gambar 5.4 Grafik gaya yang terjadi pada model selama kejadian gempa dan data rekaman gempa .....	72

Gambar 5.5 Penentuan titik tinjau pembuatan grafik deformasi terhadap waktu.....	75
Gambar 5.6 Deformasi horizontal yang terjadi pada model gempa (non ekstrem).....	76
Gambar 5.7 Deformasi vertikal yang terjadi pada model gempa (non ekstrem).....	76
Gambar 5.8 Deformasi horizontal yang terjadi pada model gempa dan likuefaksi (ekstrem) .....	77
Gambar 5.9 Deformasi vertikal yang terjadi pada model gempa dan likuefaksi (ekstrem) .....	77
Gambar 5.10 Deformation mesh pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), pada kondisi likuefaksi (c), pada kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	78
Gambar 5.11 Horizontal displacement pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), kondisi likuefaksi (c), kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	79
Gambar 5.12 Vertical displacement pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), kondisi likuefaksi (c), kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	80
Gambar 5.13 Total displacement pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), kondisi likuefaksi (c), kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	81
Gambar 5.14 Effective stress pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), kondisi likuefaksi (c), kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	82
Gambar 5.15 Axial Force pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), kondisi likuefaksi (c), kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	86
Gambar 5.16 Shear Force pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), kondisi likuefaksi (c), kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	87
Gambar 5.17 Bending moment pada akhir pemodelan kondisi statis (a), setelah kejadian gempa ( $t=169$ s) (b), kondisi likuefaksi (c), kondisi ekstrem ( $t=169$ s) (d).....	87