

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR LAMBANG	xvi
DAFTAR ISTILAH	xix
INTISARI	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Keaslian Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Gempa Bumi.....	5
2.1.1. Tektonik di Sulawesi	6
2.1.2. Tektonik di Sulawesi Utara.....	8
2.1.3. <i>Peak ground acceleration (PGA)</i>	10
2.1.4. Persyaratan ketahanan gempa.....	12
2.2. Likuefaksi	14
2.2.1. Parameter likuefaksi	16
2.2.2. Faktor terjadinya likuefaksi	16
2.2.3. Dampak terjadinya likuefaksi	18
2.2.4. Kategori potensi likuefaksi	19
2.2.5. Zona kerentanan likuefaksi.....	20

2.2.6.	Potensi likuefaksi Manado.....	21
2.2.7.	Persyaratan ketahanan likuefaksi.....	21
2.2.8.	Mitigasi likuefaksi	22
2.3.	Penurunan Tanah	24
2.4.	Fondasi.....	25
2.4.1.	Daya dukung fondasi	25
2.4.2.	Jenis fondasi.....	26
2.5.	<i>Rocscience Settle3</i>	27
BAB III.	LANDASAN TEORI	29
3.1.	Klasifikasi Situs	29
3.2.	<i>Peak Ground Acceleration (PGA)</i>	33
3.3.	Analisis Likuefaksi	35
3.3.1.	<i>Cyclic Stress Ratio (CSR)</i>	35
3.3.2.	<i>Cyclic Resistance Ratio (CRR)</i>	38
3.3.3.	Faktor keamanan/ <i>Factor of Safety (FS)</i>	41
3.4.	Analisis Tingkat Keparahan Metode <i>Liquefaction Potential Index (LPI)</i> (Iwasaki, 1981)	42
3.5.	Analisis Penurunan Tanah (Yoshimine, 2006).....	43
3.6.	Analisis Penurunan Tanah Menggunakan <i>Rocscience Settle3</i>	44
3.7.	Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang	46
3.8.	Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang	47
BAB IV.	METODE PENELITIAN	49
4.1.	Lokasi Penelitian	49
4.2.	Data Penelitian.....	51
4.2.1.	Data N-SPT	51
4.2.2.	Data kegempaan.....	54
4.2.3.	Properties fondasi tiang pancang	58
4.3.	Tahapan Kegiatan Penelitian	59
BAB V.	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	61
5.1.	Klasifikasi Situs	61
5.2.	Perhitungan Nilai PGA dengan Rumus Empiris (GMPE) Metode Kanno (2006)	62
5.3.	Analisis Likuefaksi (Idriss dan Boulanger, 2008)	63

5.4. Kategori Potensi Likuefaksi	70
5.5. Hasil Analisis <i>Settlement</i> Menggunakan Metode Yoshimine (2006).....	72
5.6. Hasil Analisis <i>Settlement</i> Menggunakan Rocscience Settle3.....	74
5.7. Hasil Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang.....	77
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1. Kesimpulan.....	83
6.2. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN A.....	xxiv
LAMPIRAN B	xlii
LAMPIRAN C	lxii

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian terkait analisis potensi likuefaksi, penurunan tanah, dan daya dukung fondasi tiang	4
Tabel 2.1 Kriteria perancangan gempa berdasarkan peruntukan infrastuktur (SNI 8460:2017)	13
Tabel 2.2 Klasifikasi prediksi penurunan tanah akibat likuefaksi (Barlett, 2007)	25
Tabel 3.1 Klasifikasi situs (Sumber: SNI 1726:2019).....	29
Tabel 3.2 Korelasi v_s (m/s) dengan N-SPT (Ameratunga et al., 2016)	30
Tabel 3.3 Koefisien situs F_{PGA} (SNI 1726:2019).....	30
Tabel 3.4 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019).....	31
Tabel 3.5 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (SNI 1726:2019)	32
Tabel 3.6 Nilai tipikal berat volume kering dan berat volume jenuh (AS 4678:2002) ..	37
Tabel 3.7 Korelasi berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah non kohesif (soil mechanics, Whilliam T., Whitman, Tobert V., 1962).....	38
Tabel 3.8 Korelasi berat jenis tanah (γ) untuk tanah non kohesif dan kohesif (soil mechanics, Whilliam T., Whitman, Tobert V., 1962).....	38
Tabel 3.9 Faktor koreksi untuk nilai N-SPT (Idriss & Boulanger, 2008)	40
Tabel 3.10 Efisiensi jenis alat pancang (Sosrodarsono, 1997)	40
Tabel 3.11. Kategori potensi likuefaksi berdasarkan LPI (Iwasaki dkk., 1981).....	42
Tabel 4.1 Tabel Boring Log.....	53
Tabel 4.2 Kumpulan sumber gempa di sekitar lokasi penelitian dari katalog gempabumi merusak – BMKG ISSN 2477-0582	56
Tabel 4.3 Daftar sortir kejadian gempa di sekitar lokasi penelitian	57
Tabel 5.1 Contoh perhitungan \bar{N} dan $\bar{v}_{s,30}$ di MLY-BH-05	61
Tabel 5.2 Rekap klasifikasi situs Pantai Malalayang	62
Tabel 5.3 Parameter tanah kedalaman 5,15-7,15 m pada <i>Borehole</i> -05 yang dibutuhkan dalam analisis likuefaksi (Idriss dan Boulanger, 2008)	64
Tabel 5.4 Contoh hitungan iterasi lapisan 5,15-7,15 m di MLY-BH-05	67
Tabel 5.5 Rekap Kategori Potensi Likuefaksi Masing-Masing <i>Borehole</i>	71
Tabel 5.6 Hasil analisis penurunan tanah di MLY-BH-01 dengan metode Yoshimine (2006)	74

Tabel 5.7 Hasil analisis penurunan tanah di MLY-BH-05 dengan metode Yoshimine (2006)	74
Tabel 5.8 Rekap hasil analisis penurunan tanah menggunakan RS Settle3 di MLY-BH-01	75
Tabel 5.9 Rekap hasil analisis penurunan tanah menggunakan RS Settle3 di MLY-BH-05	76
Tabel 5.10 <i>Properties</i> tiang	77
Tabel 5.11 Perhitungan nilai Q_s kedalaman tiang pancang sampai 10 m	78
Tabel 5.12 Perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang dengan metode Meyerhof (1976)	80
Tabel 5.13 Tabel persentase pengurangan daya dukung ultimate fondasi akibat likuefaksi	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambaran penyebab kejadian gempa bumi (buklet gempabumi dan tsunami 2015).....	5
Gambar 2.2 Sesar aktif dan tidak aktif berdasarkan struktur geologi regional di Pulau Sulawesi (Daryono, 2016).	7
Gambar 2.3 Peta sebaran sesar aktif di Kepulauan Sulawesi beserta nilai <i>sliprate</i> -nya (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017)	8
Gambar 2.4 <i>Splay-fault rupture</i> menggunakan nilai <i>strike</i> 2000 dengan <i>top depth</i> 5 km dan <i>dipping</i> kearah barat sebesar 250 (Gunawan, dkk., 2016).....	9
Gambar 2.5 Peta zona kerentanan likuefaksi Provinsi Sulawesi Utara (atlas zona kerentanan likuefaksi Indonesia, 2019)	21
Gambar 2.6 Bagan alir perencanaan mitigasi terhadap likuefaksi (Towhata, 2008)	23
Gambar 3.1 Bagan alir metode Idriss-Boulanger (Mase, 2018)	35
Gambar 3.2. Hubungan antara regangan volumetrik pasca-likuefaksi dan regangan geser maksimum yang diinduksi selama pembebanan siklik tak terdrainase pada pasir bersih (Ishihara dan Yoshimine 1992).....	43
Gambar 3.3 Input parameter tanah di MLY-BH-01 (RS Settle3).....	45
Gambar 3.4 Input parameter tanah di MLY-BH-05 (RS Settle3).....	45
Gambar 3.5 Input dan pemilihan metode untuk pengkondisian likuefaksi	46
Gambar 4.1 Lokasi titik boring di kawasan pantai Malalayang (PT. SOILENS, 2021)	50
Gambar 4.2 Bangunan-bangunan yang dibangun di kawasan pantai Malalayang (PT. SOILENS, 2021)	50
Gambar 4.3 Lokasi titik <i>boring test</i> kawasan pantai Malalayang (diakses dari <i>Google Earth</i> , 12 Januari 2023)	52
Gambar 4.4 Peta plot titik asumsi sumber gempa di Northern Sulawesi Thrust (Google Earth, 23 Oktober 2022)	55
Gambar 4.5 Kumpulan sumber gempa di sekitar lokasi penelitian (IRIS Eartquake Browser)	55
Gambar 4.6 Tiang pancang (a) tipe bottom (b) tipe upper (c) tampak diameter tiang pancang.....	58
Gambar 4.7 Detail sambungan pilecap dan tiang pancang.....	59
Gambar 4.8 (a) Gambaran kondisi bangunan di MLY-BH-01 (b) gambaran kondisi bangunan di MLY-BH-05	59
Gambar 4.9 Bagan alir penelitian	60

Gambar 5.1 Grafik perhitungan nilai PGA metode Kanno dari berbagai sumber gempa	63
Gambar 5.2 Grafik hubungan kedalaman dan faktor keamanan dari hasil analisis likuefaksi PGA 0,447 g sumber gempa Northern Sulawesi Thrust 1 D=50	70
Gambar 5.3 Perbandingan besar penurunan tanah MLY-BH-01 masing-masing metode	75
Gambar 5.4 Perbandingan besar penurunan tanah MLY-BH-05 masing-masing metode	76

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA PENELITIAN.....	xxix
Lampiran A.1 Tabel Boring Log.....	xxv
Lampiran A.2 Hasil Tes Laboratorium	xxx
Lampiran A.3 Penampang Bawah Permukaan	xxx
Lampiran A.4 Contoh <i>Pile Driving Record</i>	xxxii
Lampiran A.5 Sertifikat Produksi Tiang Pancang	xxxiii
Lampiran A.6 Gambar Detail Perencanaan Dermaga, Kios, dan Tower arah Minahasa (MLY-BH-01).....	xxxv
Lampiran A. 7 Gambar Detail Perencanaan Dermaga, Kios, dan Tower arah Manado (MLY-BH-05)	xxxvii
Lampiran A.8 Dokumentasi	xxxviii
LAMPIRAN B HASIL PERHITUNGAN.....	xlii
Lampiran B.1 Koordinat Lokasi Borehole.....	xliii
Lampiran B.2 Desain Respon Spektrum.....	xliv
Lampiran B.3 Tabel Perhitungan Nilai \bar{N} dan $\bar{v}_{s,30}$	xlv
Lampiran B.4 Tabel Sejarah Gempa.....	xlvii
Lampiran B.5 Perhitungan Iterasi.....	liv
Lampiran B.6 Tabel Hasil Analisis Likuefaksi Menggunakan Metode Idriss- Boulanger 2008.....	lvi
Lampiran B.7 Permodelan dan input data di Rocscience Settle3.....	lix
LAMPIRAN C BUKTI PUBLIKASI.....	lxii
Lampiran C. 1 <i>Letter of Acceptance</i> ICEEDM 2022	lxiii
Lampiran C. 2 <i>Letter of Acceptance</i> ICSBE 2022	lxv