Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi
Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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. *Peak ground acceleration (PGA)* 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

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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. Rocscience Settle3 27
BAB III. LANDASAN TEORI 29
3.1. Klasifikasi Situs 29
3.2. Peak Ground Acceleration (PGA) 33
3.3. Analisis Likuefaksi 35
3.3.1. *Cyclic Stress Ratio (CSR)* 35
3.3.2. *Cyclic Resistance Ratio (CRR)* 38
3.3.3. Faktor keamanan/*Factor of Safety (FS)* 41
3.4. Analisis Tingkat Keparahan Metode *Liquefaction Potential Index (LPI)* (Iwasaki, 1981) 42
3.5. Analisis Penurunan Tanah (Yoshimine, 2006) 43
3.6. Analisis Penurunan Tanah Menggunakan Rocscience Settle3 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

Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi
Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.4. Kategori Potensi Likuefaksi 70
5.5. Hasil Analisis *Settlement* Menggunakan Metode Yoshimine (2006)..... 72
5.6. Hasil Analisis *Settlement* 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

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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 *Borehole*-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 *Borehole* 71

Tabel 5.6 Hasil analisis penurunan tanah di MLY-BH-01 dengan metode Yoshimine (2006) 74

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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 *Properties* 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

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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 *sliprate*-nya (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017) 8

Gambar 2.4 *Splay-fault rupture* menggunakan nilai *strike* 2000 dengan *top depth* 5 km dan *dipping* 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 *boring test* kawasan pantai Malalayang (diakses dari *Google Earth*, 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

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Pengaruh Likuefaksi Terhadap Penataan Kawasan Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara
Jodie Prayogo, Dr. Eng. Fikri Faris, ST., M.Eng.; Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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 *Pile Driving Record* xxxi
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 $\overline{v}_{s,30}$……....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 *Letter of Acceptance* ICEEDM 2022 lxiii
Lampiran C. 2 *Letter of Acceptance* ICSBE 2022 lxv