

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
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 Tinjauan Kegempaan	4
2.2 Tinjauan Geologi	6
2.3 Zona Kerentanan Likuefaksi	9
2.4 <i>Strong Ground Motion</i>	10
2.5 <i>Local Site Effect</i>	11
2.6 <i>Site Specific Response Analysis (SSRA)</i>	11
2.7 Fenomena Likuefaksi.....	13
2.7.1 Pengertian Likuefaksi.....	13
2.7.2 Faktor Pemicu Likuefaksi	14
2.8 Fenomena Likuefaksi Pada Jembatan	16
2.8.1 Jembatan Sohwa.....	16
2.8.2 Jembatan Yachiyo	17
2.9 Mitigasi Likuefaksi	18

2.10 Fondasi Tiang sebagai Mitigasi Likuefaksi	19
2.10.1 Pengujian Fondasi Tiang menggunakan <i>Pile Driving Analyzer Test</i>	20
2.11 Kebaharuan Penelitian	25
BAB 3 LANDASAN TEORI.....	29
3.1 Klasifikasi Kelas Situs Tanah	29
3.2 Korelasi Parameter Tanah.....	31
3.3 Percepatan Tanah Puncak (PGA_M)	32
3.4 Analisis PGA Deterministik dengan Fungsi Atenuasi.....	32
3.5 Analisis Probabilistik Berdasarkan 2833:2016	34
3.6 <i>Site specific seismic analysis</i>	34
3.6.1 <i>Synthetic Ground Motion</i>	35
3.6.2 Penentuan Target Respons Spektra.....	36
3.6.3 Pemilihan Gerakan Tanah	37
3.6.4 Penskalaan.....	38
3.7 <i>Site specific response analysis (SSRA)</i>	39
3.7.1 <i>Modelling</i>	40
3.7.2 <i>Ketebalan lapisan maksimum</i>	40
3.7.3 Kecepatan Gelombang Geser.....	40
3.7.4 Reduksi Modulus dan Rasio Redaman	41
3.7.5 <i>Input Ground Motion</i>	42
3.7.6 Respons spektrum pada permukaan	42
3.7.7 Faktor amplifikasi dan koefisien situs.....	43
3.8 <i>Liquefaction Potential Analysis</i>	43
3.8.1 Penentuan Tegangan efektif.....	43
3.8.2 Nilai <i>Cyclic Stress Ratio (CSR)</i>	44
3.8.3 Nilai <i>Cyclic Resistance Ratio (CRR)</i>	44
3.8.4 Nilai <i>Safety Factor (SF) Likuefaksi</i>	47
3.9 <i>Liquefaction Potential Index (LPI)</i>	49
3.10 Kapasitas Dukung Aksial Tiang berdasarkan SPT	49
3.10.1 Metode O'Neill and Reese 1989	50
3.10.2 Efisiensi Tiang Grup	52
3.10.3 Faktor aman.....	52
3.10.4 Pengaruh Likuefaksi terhadap Pondasi	53

3.11 Pemodelan Tiang bor pada RSPile.....	54
3.11.1 Axially Loaded Piles Menggunakan <i>t-z Curve Method</i>	54
3.11.2 Laterally Loaded Piles menggunakan <i>p-y Curve Method</i>	54
BAB 4 METODE PENELITIAN.....	57
4.1 Lokasi Penelitian.....	57
4.2 Data Penelitian	58
4.3 Tahapan Penelitian.....	59
4.3.1 Pengumpulan Data	61
4.3.2 Penentuan Kelas Situs	61
4.3.3 <i>Site Specific Response Analysis</i>	61
4.3.4 Penentuan Faktor Keamanan Likuefaksi (SF)	65
4.3.5 Penentuan <i>Liquefaction Potential Index</i> (LPI).....	65
4.3.6 Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang	65
4.3.7 Pemodelan Pondasi Tiang dengan RSPile	65
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	73
5.1 Kondisi Geologi dan Geoteknik.....	73
5.2 Analisis Kegempaan	78
5.3 Modifikasi <i>Ground Motion</i>	80
5.3.1 Target Spektra	80
5.3.1 Pemilihan <i>Ground Motion</i>	82
5.3.2 Penskalaan Amplitudo	83
5.4 <i>Site Specific Response Analysis</i> (SSRA).....	85
5.4.1 Parameter <i>Soil Properties</i>	86
5.4.2 Synthetic Ground Motion.....	88
5.4.3 Nilai PGA dan Faktor Amplifikasi	88
5.5 Analisa Potensi Likuefaksi	90
5.5.1 <i>Simplified Procedure</i>	90
5.5.2 <i>Liquefaction Potential Index</i>	96
5.6 Analisis Kapasitas Dukung Fondasi	96
5.6.1 Kapasitas Dukung Tiang Bor.....	98
5.6.2 Analisis Pengujian Tiang <i>Pile Driving Analyzer Test</i>	106
5.6.3 Daya Dukung Lateral	108
5.7 Ringkasan.....	111

5.7.1 Penentuan Lokasi Bencana (Likuifaksi)	111
5.7.2 <i>Site Specific Response Analysis</i> (SSRA).....	113
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	115
6.1 Kesimpulan	115
6.2 Saran	115
DAFTAR PUSTAKA	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sumber gempa sesar aktif Kec. Langkat	8
Tabel 2.2	Pengaruh muka air terhadap potensi likuefaksi (Youd dkk., 1979)	15
Tabel 2.3	Penelitian terdahulu yang telah dilakukan.....	25
Tabel 3.1	Klasifikasi situs berdasarkan SNI 2833:2016.....	30
Tabel 3.2	Nilai korelasi N-SPT dengan berat volume tanah (γ_b) untuk tanah non kohesif (Bowles, 1984).....	31
Tabel 3.3	Nilai korelasi N-SPT dengan berat volume tanah (γ_b) untuk tanah kohesif	31
Tabel 3.4	Nilai korelasi N-SPT dengan berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah non kohesif (Bowles, 1984).....	32
Tabel 3.5	Nilai korelasi N-SPT dengan berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah kohesif (Bowles, 1984).....	32
Tabel 3.6	Koefisien regresi fungsi atenuasi Kanno dkk. (2006)	33
Tabel 3.7	Koefisien situs $FPGA$ untuk probabilitas 7% dalam 75 tahun (SNI 2833:2016).....	34
Tabel 3.8	Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ($FPGA/Fa$) (SNI 2833:2016)	37
Tabel 3.9	Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v) (SNI 2833:2016)	37
Tabel 3.10	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	39
Tabel 3.11	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	39
Tabel 3.12	Faktor koreksi N-SPT (Kempton, 1986)	46
Tabel 3.13	Kategori Liquefaction Potential Index (LPI).....	49
Tabel 3.14	Faktor aman tiang untuk fondasi dalam dari beberapa standar	52
Tabel 3.15	Nilai adhesi metode ECDF 2001 dalam Abdelsalam dkk. (2016)	53
Tabel 3.16	Nilai koefien kpy berdasarkan Reese dkk, (1974)	56
Tabel 3.17	Nilai ϵ_{50} untuk lempung terkonsolidasi normal berdasarkan Reese dkk, (1974)	56
Tabel 4.1	Input parameter pada kondisi normal tidak terlikuefaksi	71
Tabel 4.2	Input parameter pada kondisi terlikuefaksi	71
Tabel 5.1	Korelasi data geologi regional dengan hasil borelog	74
Tabel 5.2	Sumber Gempa Sumatra Utara (USGS).....	79
Tabel 5.3	Hasil analisis deterministik dengan metode Kanno dkk. (2006).....	80

Tabel 5.4	Kriteria pemilihan ground motions	81
Tabel 5.5	Kriteria pemilihan ground motions	82
Tabel 5.6	Ground Motions yang digunakan	83
Tabel 5.7	Nilai scaling factor berdasarkan hasil penskalaan amplitudo	84
Tabel 5.8	Parameter properties tanah untuk deepsoil.....	87
Tabel 5.9	Ringkasan PGA permukaan maksimum dan PGA menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 2833:2016	89
Tabel 5.10	Hasil perhitungan potensi likuefaksi pada BH 40	94
Tabel 5.11	Klasifikasi Likuefaksi Potential Indeks.....	96
Tabel 5.12	Data pembebanan abutmen dan pilar Jembatan Sei Wampu.....	99
Tabel 5.13	Perhitungan nilai QS tiang Bor	102
Tabel 5.14	Perhitungan Negative Skin Friction (NSF) tiang bor pada kondisi likuefaksi...	104
Tabel 5.15	Perbandingan nilai Qult dan Qall pada kondisi normal dan likuefaksi	105
Tabel 5.16	Perbandingan nilai Qult dan Qall pada kondisi normal dan likuefaksi	106
Tabel 5.17	Perbandingan nilai Qg dan P pada kondisi normal dan likuefaksi.....	106
Tabel 5.18	Perbandingan hasil uji PDA dan O'Neill and Reese (1989)	107
Tabel 5.19	Hasil perhitungan Qg PDA kondisi normal	107
Tabel 5.20	Hasil perhitungan Qg PDA kondisi likuifaksi.....	108
Tabel 5.21	Nilai perpindahan fondasi tiang kelompok pada kondisi normal dan likuifaksi	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta sumber gempa Indonesia	4
Gambar 2.2	Peta percepatan puncak di batuan dasar dengan probabilitas 7% dalam 75 tahun (SNI 2388:2016)	5
Gambar 2.3	Peta geologi regional lembar Medan Jalan Tol segmen Binjai – Pangkalan Brandan (Laporan PT Utama Karya Infrastruktur, 2021)	7
Gambar 2.4	Sesar Sumatra (Dimodifikasi dari Newcomb & McCann	8
Gambar 2.5	Pengaruh material terhadap guncangan seismik (Keller, 2000)	11
Gambar 2.6	Nomenklatur gerakan tanah: (a) tanah di atasnya batuan dasar; (b) tidak ada batuan dasar tanah di atasnya. (Kramer, 1996)	12
Gambar 2.7	Ilustrasi Perambatan Gelombang satu dimensi (1-D) (Sawicki, 2012)	13
Gambar 2.8	Ikatan tanah pada kondisi likuefaksi (Atrchian dkk., 2012)	14
Gambar 2.9	Kurva batas gradasi yang memisahkan antara tanah yang mudah dan tidak mudah mengalami likuefaksi (Tsuchida, 1970)	15
Gambar 2.10	Keruntuhan Jembatan Showa (Kramer and Elgamal, 2001)	16
Gambar 2.11	Keruntuhan Jembatan Showa selama gempa Niigata	16
Gambar 2.12	Kerusakan pada penyangga dan dermaga Jembatan Yachiyo	17
Gambar 2.13	Detail kerusakan pilar pada Jembatan Yachiyo (Hamada dkk., 1986)	17
Gambar 2.14	Diagram alir mitigasi likuefaksi (Towhata dkk., 2008)	18
Gambar 2.15	Model keruntuhan fondasi untuk tanah likuefaksi (a) kerusakan tekuk (b) kegagalan daya dukung (Madabhusi dkk., 2009)	19
Gambar 2.16	Pengaturan umum pengujian HSDP untuk fondasi dalam (SNI 8459:2017, Metode uji fondasi dalam dengan High-Strain Dynamic Pile (HSDP)	21
Gambar 2.17	Contoh Hasil Pengujian PDA Test (Case Method)	22
Gambar 2.18	Contoh hasil PDA menggunakan CAPWAP	23
Gambar 2.19	(a)&(b) Contoh hasil PDA menggunakan CAPWAP (lanjutan)	24
Gambar 3.1	Perhitungan potensi likuefaksi (Boulanger & Idriss, 2014)	48
Gambar 3.2	Mekanisme transfer beban aksial pada tiang (Rocscience, 2022)	54
Gambar 3.3	Distribusi tegangan satuan pada tiang yang dibebani secara lateral	55
Gambar 3.4	Kurva p-y yang mendefinisikan modulus reaksi tanah	55



Gambar 4.1	Jembatan Sei Wampu	57
Gambar 4.2	Lokasi Penelitian	58
Gambar 4.3	Bagan alir penelitian	60
Gambar 4.4	Pemilihan model analisis	62
Gambar 4.5	Soil profile definition.....	62
Gambar 4.6	Nilai parameter pada BH-40.....	63
Gambar 4.7	Add input motion.....	63
Gambar 4.8	Plotting ground motions	64
Gambar 4.9	Pemilihan jenis kontrol analisa.....	64
Gambar 4.10	Pengaturan program analisis RSPile.....	66
Gambar 4.11	Pengaturan tipe analisis kelompok tiang	66
Gambar 4.12	Pengaturan elevasi muka air tanah	66
Gambar 4.13	Pemodelan soil properties dan tahanan aksial	67
Gambar 4.14	Pemodelan soil properties dan tahanan lateral	67
Gambar 4.15	Define pemodelan tiang bor	68
Gambar 4.16	Pengaturan elevasi tiang	68
Gambar 4.17	Define dimensi pile cap	69
Gambar 4.18	Input beban pada tiang.....	69
Gambar 4.19	Contoh hasil analisis penurunan Z.....	70
Gambar 5.1	Hubungan satuan batuan Jalan Tol segmen Binjai – Pangkalan Brandan (Laporan PT Utama Karya Infrastruktur, 2021)	73
Gambar 5.2	Gambaran geologi bawah permukaan Jalan Tol segmen Binjai – Pangkalan Brandan (Laporan PT Utama Karya Infrastruktur, 2021)	73
Gambar 5.3	Kurva gradasi butiran terhadap potensi likuefaksi (Tsuchida, 1970).....	75
Gambar 5.4	Vs30 lokasi penelitian (USGS, 2022).....	76
Gambar 5.5	Stratigrafi Tanah Jembatan Sei Wampu	77
Gambar 5.6	Peta seismisitas Provinsi Sumatra Utara 2018–2022	78
Gambar 5.7	Peta Sumber Gempa Sumatra Utara	79
Gambar 5.8	Target respons spektra desain class D	81
Gambar 5.9	Hasil penskalaan amplitudo.....	84
Gambar 5.10	Perbandingan respon spektrum permukaan (SSRA) dan respon spektrum permukaan kelas E.....	85
Gambar 5.11	SGM Imperial Valley-06 pada stasiun Coachella Canal #4	88



Gambar 5.12	Nilai Peak Ground Acceleration (PGA)	89
Gambar 5.13	Analisis potensi likuefaksi pada BH-40	93
Gambar 5.14	Hasil faktor keamanan likuefaksi	95
Gambar 5.15	Plan Profile Jembatan Wampu (PT HK Infrastruktur)	97
Gambar 5.16	(a) Potongan melintang fondasi tiang bor abutmen A1 dan (b) Dimensi fondasi tiang bor (PT HK Infrastruktur)	98
Gambar 5.17	Kolom & konfigurasi 3X7 pada abutmen 1 Jembatan Sei Wampu.....	99
Gambar 5.18	Kondisi lapisan tanah terlikuefaksi pada abutmen	105
Gambar 5.19	Perbandingan hasil Qg uji PDA dan O'Neill and Reese (1989).....	108
Gambar 5.20	Nilai penurunan tiang pada kondisi: (a) beban layan (normal) dan (b) beban ekstrim (likuefaksi)	109
Gambar 5.21	Bagan alir penentuan potensi likuifaksi.....	111
Gambar 5.22	Bagan alir prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah	113