

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR ARTI DAN LAMBANG	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
INTISARI	xxiv
ABSTRACT	xxv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Keaslian Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Kota Palu	13
2.1.1 Geomorfologi Regional	14
2.1.2 Stratigrafi Regional	15
2.1.3 Struktur Geologi Regional	15
2.2 Kegempaan	17
2.2.1 Tektonik di Indonesia	17
2.2.2 Tektonik di Pulau Sulawesi	18
2.2.3 Tektonik di Sulawesi Tengah	19
2.2.4 Sesar Palu Koro	20
2.2.5 Jarak Sesar Palu Koro terhadap Lokasi Terdampak Likuefaksi	27
2.3 Sejarah Gempa Bumi di Sulawesi Tengah	28
2.4 Peristiwa Gempa Bumi Palu–Donggala 28 September 2018	32
2.5 Likuefaksi	35
2.5.1 <i>Flow Liquefaction</i>	36
2.5.2 Kriteria Parameter terhadap Kerentanan Likuefaksi	37
2.5.3 Mekanisme Terjadinya Likuefaksi	38
2.6 Keruntuhan Tanah akibat Likuefaksi	39
2.6.1 Keruntuhan Tanah akibat Perpindahan Tanah secara Lateral	40
1. Aliran Massa Tanah (<i>Flow slide</i>)	40
2. Penyebaran Lateral (<i>Lateral Spreads</i>)	41
3. Osilasi Tanah (<i>Ground Oscillation</i>)	41
2.6.2 Keruntuhan Tanah akibat Perpindahan Tanah secara Vertikal	42

1.	Kehilangan Daya Dukung Tanah.....	42
2.	Terangkatnya Struktur Ringan ke Permukaan Tanah	42
3.	Penurunan Tanah	43
2.7	Pengujian Lapangan untuk Evaluasi Potensi Likuefaksi	43
2.7.1	Evaluasi Potensi Likuefaksi Menggunakan <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	43
2.7.2	<i>Cone Penetration Test</i> (CPT) dalam Penilaian Likuefaksi ...	44
2.7.3	<i>Swedish Weight Sounding</i> (SWS) untuk Analisis Kondisi Tanah dan Likuefaksi	45
2.8	Jenis-Jenis Longsoran	46
2.9	Penelitian Terdahulu di Kota Palu akibat Gempa 28 September 2018	47
2.9.1	Penelitian Likuefaksi di Balaroa	47
2.9.2	Penelitian Likuefaksi di Petobo, Jono Oge, Sibalaya, Lolu dan Sekitarnya.....	51
BAB III LANDASAN TEORI		
3.1	Struktur Geologi.....	55
3.2	Sesar (<i>Fault</i>).....	55
3.3	Jenis- jenis Sesar	56
3.3.1	Sesar Normal atau Sesar Turun (<i>Normal Fault</i>).....	56
3.3.2	Sesar Naik (<i>Reverse Fault</i>).....	56
3.3.3	Sesar Mendatar (<i>Strike Slip Fault</i>)	57
3.4	Gempa Bumi	58
3.5	Lempeng Tektonik	59
3.6	Gempa Bumi Tektonik.....	59
3.7	Gelombang Gempa	61
3.7.1	<i>Primary Wave</i> (<i>P-wave</i>)	62
3.7.2	<i>Secondary Wave</i> (<i>S-wave</i>)	62
3.7.3	<i>Rayleigh Wave</i> (<i>R-wave</i>)	62
3.7.4	<i>Love Wave</i> (<i>L-wave</i>)	62
3.8	Ukuran Gempa	63
3.8.1	Intensitas Gempa	63
3.8.2	Magnitudo Gempa	64
3.9	Momen Magnitudo (M_w) Gempa	64
3.10	Kelas Situs Tanah	65
3.11	<i>Peak ground acceleration</i> (PGA) dan PGA_M	66
3.12	Kriteria Kerentanan Likuefaksi.....	67
3.12.1	Kriteria Geologi	67
3.12.2	Kriteria Jenis Tanah	68
3.12.3	Kriteria Seismik	68
3.12.4	Kedalaman Muka Air Tanah	69
3.13	Kriteria Gradasi Butiran Berpotensi Likuefaksi	69
3.14	Evaluasi Potensi Likuefaksi.....	70
3.15	Investigasi Situs untuk Evaluasi Likuefaksi	71
3.16	Perkembangan dan Penerapan Uji <i>Swedish Weight Sounding</i> (SWS)	71

3.17	Kelebihan dan Kelemahan Alat Uji <i>Swedish Weight Sounding</i> (SWS)	72
3.18	Profilisasi Tanah Berdasarkan Data <i>Cone Penetration test</i> (CPT)	73
3.18.1	Menentukan Jenis Tanah	73
3.18.2	Menentukan Kepadatan Tanah dan Konsistensi Tanah	75
3.18.3	Berat Isi Tanah (γ)	76
3.18.4	Sudut Gesek Tanah (ϕ)	76
3.18.5	Kohesi (c)	77
3.19	Kandungan Partikel Halus (<i>Fines Content</i>)	77
3.20	Metode Analisis Potensi Likuefaksi	79
3.20.1	Analisis <i>Cyclic Stress Ratio</i> (CSR)	79
3.20.2	Faktor Reduksi Tegangan (r_d)	80
3.20.3	Analisis <i>Cyclic Resistance Ratio</i> (CRR)	81
1.	Analisis Nilai CRR Berdasarkan Data SPT	81
2.	Analisis Nilai CRR Berdasarkan Data CPT	83
3.	Analisis Nilai CRR Berdasarkan Data SWS	85
3.20.4	Faktor Skala Magnitudo (MSF)	86
3.20.5	Koreksi Tekanan Overburden (K_c)	87
3.20.6	Faktor Keamanan	87
3.20.7	Indeks Potensi Likuefaksi (LPI)	87
3.21	Mikrotremor	89
3.22	Parameter Rasio Spektral Mikrotremor (HVSR)	90
3.22.1	Frekuensi Dominan (f_0)	92
3.22.2	Amplifikasi Getaran Seismik (A_0)	93
3.23	Parameter Kerentanan Seismik	93
3.23.1	Periode Dominan Tanah (T_0)	93
3.23.2	Indeks Kerentanan Seismik (K_g)	94
3.23.3	<i>Ground Shear Strain</i> (GSS)	94
3.24	Estimasi Struktur V_s Bawah Permukaan Berdasarkan Data Mikrotremor	95
3.24.1	Kecepatan Gelombang Geser Rata-rata (V_{s30})	95
3.24.2	Ketebalan Sedimen	96
3.25	Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	97
3.26	Pemetaan Potensi Likuefaksi dan Hasil Pengujian Mikrotremor	97
3.27	Gerakan Tanah (<i>Soil Movement</i>)	97
3.28	Aliran Longsoran (<i>Flow Slide</i>)	99
3.29	Metode Kesetimbangan batas	99
3.30	Metode Morgenstern-Price	100
3.31	Pemodelan Numerik dalam Rekayasa Geoteknik	102
3.32	Analisis Stabilitas Lereng Landai di Balaroa dengan menggunakan GeoStudio	103
3.33	Hipotesa	103
BAB IV METODE PENELITIAN		
4.1	Lokasi dan Tinjauan Umum Penelitian	104

4.2	Metode Pengumpulan Data	106
4.3	Pengujian Lapangan	107
4.3.1	<i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	107
4.3.2	<i>Cone Penetration Test</i> (CPT)	107
4.3.3	<i>Swedish Weight Sounding</i> (SWS)	107
4.3.4	Pengujian <i>Hand Boring</i>	109
4.3.5	Mikrotremor	109
	Prosedur pelaksanaan pengujian mikrotremor:	110
4.4	Pengujian Laboratorium	111
4.5	Analisis Likuefaksi	111
4.5.1	Data <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	111
4.5.2	Data <i>Cone Penetration Test</i> (CPT)	111
4.5.3	Data <i>Swedish Weight Sounding</i> (SWS)	112
4.6	Analisis Karakteristik Tanah	112
4.7	Analisis Mikrotremor	113
4.8	Analisis Kelongsoran	113
4.9	Diagram Alir Penelitian	114
BAB V PEMBAHASAN		
5.1	Struktur Geologi Kota Palu	118
5.2	Kondisi Balaroa Pasca-Gempa Palu 2018	119
5.3	Pengujian di Wilayah Balaroa	121
5.4	Lokasi Penyelidikan Tanah	121
5.4.1	Lokasi Pengujian SWS	121
5.4.2	Lokasi Pengujian CPT	122
5.4.3	Lokasi Pengujian <i>Hand Boring</i>	123
5.4.4	Lokasi Pengujian SPT	124
5.4.5	Lokasi Pengujian Mikrotremor	124
5.5	Kelas Situs Wilayah Balaroa	125
5.6	Percepatan Tanah Puncak (PGA)	126
5.7	Letak Muka Air Tanah dan Nilai PGA_M	126
5.8	Evaluasi Parameter Tanah terhadap Kerentanan Likuefaksi	
	Berdasarkan Data Uji Laboratorium	127
5.8.1	Klasifikasi sampel tanah	128
5.8.2	Komposisi Butiran Tanah	130
5.8.3	Interpretasi Visual Lapisan Tanah Berdasarkan <i>Hand Boring</i> dan SPT	132
5.8.4	Interpretasi Kurva Tsuchida (1970) untuk Evaluasi Potensi Likuefaksi	135
5.8.5	Evaluasi Parameter Ukuran Butiran Tanah terhadap Kriteria Likuefaksi	138
5.8.6	Evaluasi Parameter Batas-batas Atterberg terhadap Kriteria Likuefaksi	139
5.8.7	Evaluasi Kadar Air dan Batas Cair terhadap Kriteria Likuefaksi	140

5.8.8	Klasifikasi Konsistensi dan Kepadatan Berdasarkan Hasil Uji Geser Langsung.....	140
5.8.9	Evaluasi Potensi Likuefaksi Tanah Berbutir Halus Berdasarkan Kriteria Cina, kriteria tambahan dan Kurva Tsuchida (1970)	141
5.9	Hasil Pengujian Lapangan.....	144
5.9.1	<i>Swedish Weight Sounding</i> (SWS).....	144
5.9.2	<i>Cone Penetration Test</i> (CPT).....	146
5.9.3	<i>Hand Boring</i>	151
5.10	Hasil Validasi Jenis Tanah.....	151
5.11	Interpretasi Geoteknik Tanah Berdasarkan Hasil Uji Laboratorium dan in-situ (SWS dan CPT) terhadap Mekanisme <i>Flow Liquefaction</i> di Wilayah Balaroa.....	152
5.12	Analisis Potensi Likuefaksi.....	154
5.12.1	Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data SWS ..	154
5.12.2	Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data SPT ...	157
5.12.3	Hasil Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data CPT ..	159
5.13	Analisis <i>Liquefaction Potential Index</i> (LPI) untuk Evaluasi Kerentanan Likuefaksi di Balaroa, Kota Palu.....	163
5.14	Analisis Komparatif CPT, SWS, dan SPT terhadap Potensi Likuefaksi di Balaroa, Kota Palu.....	166
5.15	Interpretasi Hasil Evaluasi potensi likuefaksi menggunakan data CPT, SWS, dan SPT terhadap Fenomena <i>Flow Liquefaction</i> pada Tanah Jenuh di Balaroa.....	169
5.16	Analisis Mikrotremor untuk Evaluasi Parameter Kerentanan Seismik di Balaroa, Kota Palu.....	170
5.17	Parameter Rasio Spektral HVSR.....	172
5.17.1	Frekuensi Dominan (f_0).....	173
5.17.2	Amplifikasi Getaran Seismik (A_0).....	174
5.18	Parameter Kerentanan Seismik.....	175
5.18.1	Periode Dominan Tanah (T_0).....	175
5.18.2	Indeks Kerentanan Seismik (K_s).....	177
5.18.3	<i>Ground Shear Strain</i> (GSS).....	179
5.19	Struktur V_s Bawah Permukaan.....	181
5.19.1	Kecepatan Gelombang Geser Rata-rata (V_{s30}).....	181
5.19.2	Ketebalan Sedimen.....	182
5.20	Interpretasi Parameter Mikrotremor terhadap Fenomena <i>Flow Liquefaction</i> di Balaroa.....	184
5.21	Simulasi Kelongsoran menggunakan GeoStudio.....	186
5.21.1	Data Geometri.....	186
5.21.2	Faktor Keamanan Minimum Kondisi Statik dan Kondisi Dinamik.....	192
	1. Faktor Keamanan pada Lereng Sebelum Gempa Palu 2018	193
	2. Faktor Keamanan pada Lereng Pasca-Gempa Tahun 2023	195
5.21.3	Bidang Longsor akibat Beban Dinamik.....	197

5.21.4 Letak Muka Air Tanah akibat Beban Dinamik.....	200
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	203
6.2 Saran.....	204