



Dedy Wijanarko, Ir. Agus Darmawan Adi, M.Sc., Ph.D., IPU; Dr. Ir. Ahmad RifaÃE'Â¢Ã¯ Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Penelitian.....	3
1.6 Keaslian Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Deskripsi Daerah Penelitian	5
2.2 Fisiografi Regional Daerah Penelitian.....	6
2.3 Stratigrafi Area Penelitian	7
2.4 Tektonik dan Struktur Geologi Regional.....	7
2.5 Potensi Gempa Bumi	9
2.6 <i>Mud Volcanoes</i>	10
2.7 Tekanan Air Pori Tinggi dan Kelebihan Tekanan Air Pori.....	12
2.8 Keberadaan Tekanan pada Batuan.....	12
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Mekanisme Pembentukan <i>Overpressure</i>	14
3.1.1 Mekanisme akibat pembebanan.....	14
3.1.2 Mekanisme non- pembebanan	15
3.1.3 Tegangan dalam tanah arah vertikal	16
3.2 <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA).....	17
3.3 Fenomena Likuefaksi.....	18
3.3.2 Mekanisme proses <i>cyclic liquefaction</i>	21
3.3.3 Mekanisme proses <i>static liquefaction</i>	22
3.4 Faktor Penyebab yang Mempengaruhi Likuefaksi	24

3.4.1 Faktor internal	24
3.4.2 Faktor eksternal	25
3.5 Kondisi Tanah yang Berpotensi Likuefaksi	25
3.6 Kondisi Muka Air Tanah yang Berpotensi Likuefaksi	26
3.7 Metode Identifikasi Potensi Likuefaksi	26
3.7.1 Analisis potensi likuefaksi dengan metode <i>simplified procedure</i>	27
3.8 Faktor Aman Terhadap Likuefaksi (FS)	28
3.9 <i>Liquefaction Potential Index</i> (LPI)	29
3.9.1 Fenomena likuefaksi pada lapisan dalam di bawah area LUSI	30
BAB IV METODE PENELITIAN	31
4.1 Lokasi Penelitian	31
4.2 Tahap Pengumpulan Data dan <i>Study Literature</i>	31
4.3 Tahap Analisa Karakterisasi dan Mekanisme Pembentukan Tekanan Air Pori Tinggi di LUSI	32
4.4 Tahap Analisis Potensi Likuefaksi Akibat Pengaruh Tekanan Air Pori Tinggi	32
4.5 Kondisi Eksisting	36
4.5.1 Kondisi geoteknik area penelitian	36
4.5.2 Kondisi muka air tanah	40
4.5.3 Kondisi kegempaan	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	42
5.1 Identifikasi Proses Pembentukan Tekanan Pori Tinggi	42
5.1.1 Metode pengukuran langsung tekanan air pori	42
5.1.2 Metode konversi data pengukuran resistivitas batuan	49
5.1.3 Metode kombinasi kurva log	51
5.2 Karakterisasi Kondisi Tekanan Air Pori Tinggi di LUSI	56
5.3 Analisa Potensi Likuefaksi di LUSI	58
5.3.1 Data gempa	58
5.3.2 Data kelas situs area penelitian	58
5.3.3 Analisa gradasi ukuran butir	59
5.3.4 Analisis empiris pada proses likuefaksi	60
5.3.5 <i>Liquefaction potential index</i> (LPI)	62
5.4 Analisa Potensi Likuefaksi dengan Input Parameter Tekanan Air Pori Tinggi	63
5.5 Kompleksitas Proses yang Terjadi di LUSI	68
5.6 Fakta Fenomena Kejadian Likuefaksi Dekat Permukaan	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 a. Peta <i>seismic gravity</i> area jawa bagian timur (Untung dkk., 1978). b. Peta fisiografi jawa timur dan sebaran <i>mud volcano</i> di jawa (modifikasi dari Bemmelen, 1949).....	5
Gambar 2. 2 Peta Fisiografi Jawa Timur (Bemelem, 1949).	6
Gambar 2. 3 Stratigrafi area porong berdasarkan data BJP-1 modifikasi sumur dari (Tingay, 2015).	7
Gambar 2. 4 Struktur Geologi regional, Morfologi dan unit stratigrafi Jawa Timur (Smyth dkk., 2008).	8
Gambar 2. 5 Pergerakan Sesar Kendeng dan sesar di Jawa, (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Nasional 2017- Pusgen)	9
Gambar 2. 6 Mekanisme terjadinya penyebab tekanan berlebih dan gunung lumpur (disederhanakan dari, Koft, 2002)	11
Gambar 2. 7 Tahapan pembentukan <i>overpressure</i> dan pencairan batuan pada kedalaman yang besar (Kusumastuti, 2002).	11
Gambar 2. 8 Contoh laboratorium prinsip vertikal <i>effective stress</i> dari Tosaya (1982), dalam Bowers, (2002).....	13
Gambar 2. 9 Keberadaan tekanan dalam batuan (Bowers, 2002).....	13
Gambar 3. 1 Peta Gempa Indonesia 2017, nilai PGA untuk kemungkinan terlampaui sebesar 10% dalam 50 tahun (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).....	17
Gambar 3. 2 <i>Flow chart</i> untuk mengevaluasi kejadian likuefaksi apakah akibat dari <i>loading cyclic/ static</i> modifikasi dari Robertson, (1994).....	21
Gambar 3. 3 Mekanisme proses <i>cyclic liquefaction</i> (Kramer, 1996).	22
Gambar 3. 4 Mekanisme proses <i>static liquefaction</i> (Robertson, 2017).....	22
Gambar 3. 5 Fenomena <i>Sand boil</i> (Larisch, M. D, 2020).....	23
Gambar 3. 6 Mekanisme proses sebaran lateral (Youd, 2018)	23
Gambar 3. 7 Mekanisme proses perpindahan lateral (Youd, 1978)	24
Gambar 3. 8 Kurva gradasi butiran untuk tanah yang berpotensi likuefaksi (Tsuchida, 1970).	25
Gambar 4. 1 Peta lokasi area penelitian (PPLS, 2021).	31
Gambar 4. 2 Diagram alir penelitian.	34
Gambar 4. 3 Tahapan penelitian.	35
Gambar 4. 4 Sebaran penyelidikan geoteknik SPT dan pemboran inti (PPLS, 2021)...	36
Gambar 4. 5 Pola sebaran endapan pasir dan lempung di permukaan.	39
Gambar 4. 6 Data sebaran vertikal perlapisan lempung dan pasir di area penelitian (BPLS, 2014).	39
Gambar 4. 7 Peta elevasi muka air tanah area penelitian (PPLS, 2021).....	40
Gambar 4. 8 Peta sebaran titik episentrum gempa (PPLS, 2021a).	41
Gambar 5. 1 Lokasi Pengukuran CPTu di area Penelitian (BPLS, 2014 dan PPLS, 2021).....	42
Gambar 5. 2 Hasil Hasil pengukuran CPTu 1 (PPLS, 2014).....	44
Gambar 5. 3 Hasil pengukuran CPTu 2 (PPLS, 2014).	44
Gambar 5. 4 Hasil pengukuran CPTu 3 (PPLS, 2014).	45
Gambar 5. 5 Hasil pengukuran CPTu 4 (PPLS, 2014).	45
Gambar 5. 6 Hasil pengukuran CPTu 5 (PPLS, 2014).	46
Gambar 5. 7 Hasil pengukuran CPTu 6 (PPLS, 2014).	46
Gambar 5. 8 Hasil pengukuran CPTu 7 (PPLS, 2014).	47
Gambar 5. 9 Hasil pengukuran CPTu 8 (PPLS, 2014).	47

Gambar 5. 10 Hasil pengukuran CPT-u tahun 2014 dan tahun 2021, serta kecepatan desipasi pada berbagai kedalaman (BPLS, 2014 dan PPLS, 2021).	48
Gambar 5. 11 <i>Cross</i> Geolistrik sta P75 dan sta P74, muka air tanah di tunjukkan nilai batas 2,5 ohm m (PPLS, 2021).	49
Gambar 5. 12 <i>Cross</i> pengukuran geolistrik STA P74 dan P75, warna biru menunjukkan anomali tekanan air pori tinggi (PPLS, 2021).	50
Gambar 5. 13 <i>Cross section</i> pengukuran geolistrik area penelitian (PPLS, 2021).	52
Gambar 5. 14 Pola defleksi penurunan nilai log densitas, log <i>sonic</i> dan log <i>resistivity</i> pada proses <i>disequilibrium compaction</i> kedalaman 500-700m Formasi Pucangan (modifikasi dari Lupi, dkk 2013 dan Bowers, 2002).	53
Gambar 5. 15 Pembalikan /penurunan nilai kurva kecepatan akustik, resistivitas, dan densitas tidak sinkron (modifikasi dari Lupi, dkk, 2013 dan Wijanarko, dkk., 2022a).	54
Gambar 5. 16 Proses <i>transfer pressure</i> pada <i>isolated sand</i> didekat permukaan anomali tekanan pori tinggi mendekati 200kPa pada kedalaman kurang dari 1 m (modifikasi dari Bowers, 2002).	55
Gambar 5. 17 Karakterisasi kondisi tekanan air pori tinggi di LUSI (Wijanarko., dkk, 2022).	57
Gambar 5. 18 Hasil plotting analisa gradasi ukuran butir pada lapisan pasir berdasarkan (modifikasi Tsuchida, 1970).	60
Gambar 5. 19 Peta mikrozonasi potensi likuefaksi (Wijanarko, dkk., 2022b).	63
Gambar 5. 20 <i>Flow chart</i> perhitungan input parameter tekanan air pori tinggi hasil pengukuran CPT-u (Idriss, dan Boulanger, 2008).	64
Gambar 5. 21 Korelasi nilai tekanan air pori pada lithologi pasir lepas di area penelitian sebagai dasar penentuan <i>static liquefaction</i> (Wijanarko, dkk., 2022c).	65
Gambar 5. 22 Potensi likuefaksi berdasarkan LPI tanpa input parameter tekanan air pori tinggi (Wijanarko, dkk., 2022b).	67
Gambar 5. 23 Potensi likuefaksi berdasarkan LPI, dengan input parameter tekanan air pori tinggi (Wijanarko, dkk., 2022c).	67
Gambar 5. 24 Kompleksitas proses kejadian yang berlangsung di LUSI (BPLS, 2014 dan PPLS, 2021).	69
Gambar 5. 25 Indikasi likuefaksi pada lapisan dangkal: <i>sand boil</i> dan struktur deformasi sedimen lunak (Wijanarko, dkk., 2022c).	70
Gambar 5. 26 Hasil pengukuran GPR, struktur deformasi akibat likuefaksi berupa <i>sand dike</i> , dengan fenomena <i>sand boil</i> dipermukaan (Wijanarko, dkk., 2022b).	70
Gambar 5. 27 Kegagalan tanggul kemungkinan akibat <i>static liquefaction</i> (BPLS, 2014)	72
Gambar 5. 28 Data pengukuran kecepatan penurunan tanah dasar di area LUSI (PPLS, 2021).	73
Gambar 5. 29 Bukti deformasi, berupa penurunan tanah dasar di area jalan raya arteri porong (PPLS, 2022).	73
Gambar 5. 30 Kegagalan tanggul akibat amblesan dan pengangkatan terjadi pada area dengan tingkat potensi likuefaksi <i>very high</i> (BPLS, 2014 dan PPLS, 2021).	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Koefisien situs (BSN, SNI 1726: 2019).	18
Tabel 3. 2 Klasifikasi kelas situs (BSN, SNI 1726: 2019).	18
Tabel 3. 3 Kerapatan relatif dan <i>N</i> -SPT (Youd dkk, 1978).	26
Tabel 3. 4 Hubungan antara muka air tanah dan kerentanan likuefaksi (Youd dkk, 1978).	26
Tabel 3. 5 Perbandingan input parameter masing-masing metode.	27
Tabel 3. 6 <i>Liquefaction Potential Index</i> (Iwasaki, 1984).	30
Tabel 4. 1 Metode identifikasi tenanan air pori tinggi di area LUSI.	33
Tabel 4. 2 Summary hasil test laboratorium untuk sifat fisik tanah dan batuan area penelitian (PPLS, 2019).	37
Tabel 4. 3 Kondisi umum hasil pengukuran SPT lokasi penelitian (PPLS, 2021).	38
Tabel 5. 1 Perhitungan kelas situs berdasarkan nilai <i>N</i> -SPT tiap titik pemboran pada lokasi penelitian.	59
Tabel 5. 2 Hasil <i>N</i> -SPT, perhitungan nilai CRR, and CSR.	61
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Analisis FS dan LPI (Wijanarko, dkk., 2022b).	62
Tabel 5. 4 Hasil analisis faktor keamanan FS tanpa tekanan pori tinggi dan input FS' dengan parameter tekanan air pori tinggi (Wijanarko, dkk., 2022c).	66

Lampiran 1. 48 Data Bor di dalam tanggul lumpur BH10 2016	129
Lampiran 1. 49 Data Bor di dalam tanggul lumpur BH14 2016	130
Lampiran 1. 50 Data Bor di dalam tanggul lumpur BH17 2016	131
Lampiran 1. 51 Data Bor di dalam tanggul lumpur BH18 2016.	132
Lampiran 2. 1 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi DB01 2019	133
Lampiran 2. 2 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi DB02 2019	134
Lampiran 2. 3 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH01 2019	135
Lampiran 2. 4 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH02 2019	136
Lampiran 2. 5 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH03 2019	137
Lampiran 2. 6 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH04 2019	138
Lampiran 2. 7 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH05 2019	139
Lampiran 2. 8 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH06 2019	140
Lampiran 2. 9 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH07 2019	141
Lampiran 2. 10 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH08 2019	142
Lampiran 2. 11 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH09 2019	143
Lampiran 2. 12 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH10 2019	144
Lampiran 2. 13 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH11 2019	145
Lampiran 2. 14 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH12 2019	146
Lampiran 2. 15 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH14 2019	147
Lampiran 2. 16 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH15 2019	148
Lampiran 2. 17 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH01 2021	149
Lampiran 2. 18 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH02 2021	150
Lampiran 2. 19 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH07 2021	151
Lampiran 2. 20 Data perhitungan potensi likuefaksi tanpa parameter tekanan air pori tinggi BH08 2021	152
Lampiran 2. 21 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi DB01 2019	153
Lampiran 2. 22 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi DB02 2019	154

Lampiran 2. 23 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH01 2019	155
Lampiran 2. 24 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH02 2019	156
Lampiran 2. 25 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH03 2019	157
Lampiran 2. 26 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH04 2019	158
Lampiran 2. 27 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH05 2019	159
Lampiran 2. 28 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH06 2019	160
Lampiran 2. 29 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH07 2019	161
Lampiran 2. 30 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH08 2019	162
Lampiran 2. 31 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH09 2019	163
Lampiran 2. 32 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH10 2019	164
Lampiran 2. 33 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH11 2019	165
Lampiran 2. 34 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH12 2019	166
Lampiran 2. 35 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH14 2019	167
Lampiran 2. 36 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH15 2019	168
Lampiran 2. 37 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH01 2021	169
Lampiran 2. 38 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH02 2021	170
Lampiran 2. 39 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH07 2021	171
Lampiran 2. 40 Data perhitungan potensi likuefaksi input parameter tekanan air pori tinggi BH08 2021	172