

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian.....	7
2.1.1. Tatanan Tektonik.....	7
2.1.2. Stratigrafi.....	8
2.1.3. Geologi Dekat Permukaan.....	12
2.2. Seismisitas Daerah Penelitian.....	15
2.3. Tinjauan Geofisika.....	16
2.3.1. Analisis Potensi Likuefaksi berdasarkan Kecepatan Gelombang Geser di Daerah Istimewa Yogyakarta (Hartantyo, 2015).....	16
2.3.2. Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Kecepatan Gelombang <i>Shear (Vs)</i> di Teluk Pacitan Bagian Barat (Khitam, 2022).....	19
BAB III DASAR TEORI.....	23
3.1. Gelombang Seismik.....	23
3.2. Metode <i>Multichannel Analysis of Surface Waves</i> (MASW).....	24
3.2.1. Gelombang Rayleigh.....	25
3.2.2. Parameter Pengukuran Metode <i>Multichannel Analysis of Surface Waves</i> (MASW).....	31
3.2.3. Analisis Dispersi.....	35
3.2.4. Analisis Inversi.....	40
3.3. Likuefaksi.....	44
3.4. Analisis Potensi Terjadinya Likuefaksi Berdasarkan Nilai	

Kecepatan Gelombang Geser	46
3.4.1. Rasio Tegangan Siklik (Cyclic Stress Ratio/CSR).....	48
3.4.2. Percepatan Puncak Permukaan Tanah/ <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA).....	48
3.4.3. <i>Stress Overburden</i> /Tegangan Vertikal	53
3.4.4. Koefisien Reduksi Tegangan.....	55
3.4.5. Rasio Resistansi Siklik (<i>Cyclic Resistance Rasio</i> /CRR).....	55
3.4.6. Faktor Penskalaan Magnitudo	57
3.4.7. Nilai Kecepatan Gelombang <i>Shear</i> Terkoreksi Tegangan Vertikal	57
3.4.8. Faktor Pengaruh Usia Sedimen	58
BAB IV METODE PENELITIAN	61
4.1. Diagram Alir Penelitian	61
4.2. Akuisisi dan Pengolahan Data MASW	63
4.2.1. Akuisisi Data MASW	63
4.2.2. Pengolahan Data MASW	67
4.3. Pemetaan Kedalaman Muka Air Tanah	72
4.4. Penentuan Nilai Peak Ground Acceleration (PGA).....	74
4.5. Penentuan Nilai Berat Jenis Tanah	76
4.6. Penentuan Potensi dan Peluang Kebolehdian Likuefaksi.....	77
4.6.1. Perhitungan Nilai CRR.....	77
4.6.2. Perhitungan Nilai CSR.....	77
4.6.3. Perhitungan Factor of Safety (FS).....	78
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	79
5.1. Profil Kecepatan Gelombang Geser (<i>V_s</i>).....	79
5.2. Analisis Kedalaman Muka Air Tanah Dangkal.....	83
5.3. Analisis Nilai <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA _M).....	86
5.4. Analisis Peluang Terjadinya Likuefaksi	89
5.4.1. Perhitungan Nilai FS	89
5.4.2. Potensi Kejadian Likuefaksi Berdasarkan <i>Factor of Safety</i> (FS) dengan PGA Geometrik Mempertimbangkan Gempa Maksimum (MCE _G)	92
5.4.3. Potensi Kejadian Likuefaksi Berdasarkan <i>Factor of Safety</i> (FS) dengan Nilai PGA Probabilitas Melampaui 10% dalam 50 Tahun.....	96
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	101

6.1. Kesimpulan.....	101
6.2. Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN A	108
LAMPIRAN B	110
LAMPIRAN C	126
LAMPIRAN D.....	128
LAMPIRAN E	135
LAMPIRAN F.....	142
LAMPIRAN G.....	156
LAMPIRAN H.....	171

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Kriteria kelas indeks likuefaksi (Hartantyo, 2015)	17
Tabel 3. 1. Parameter pengukuran MASW yang direkomendasikan untuk mendapatkan hasil yang optimal (Park Seismic LLC, n.d).....	35
Tabel 3. 2. Klasifikasi situs berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser berdasarkan SNI 1726:2019	52
Tabel 3. 3. Koefisien situs berdasarkan kelas situs (F_{PGA}) berdasarkan SNI 1726:2019.....	53
Tabel 3. 4. Perkiraan batas bawah perkiraan K_{a2} (Arango dkk. (2000) pada Andrus dkk., 2004).....	60
Tabel 4. 1. Tabel parameter akuisisi MASW 1D.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Bangunan di Kawagishi-cho, Niigata, Jepang yang mengalami rotasi dan menurun akibat likuefaksi pada fondasi bangunan dari gempa bumi Niigata tahun 1964 (Jefferies dan Been, 2004).....	2
Gambar 1. 2. Likuefaksi yang muncul sebagai efek dari gempa bumi dan tsunami yang terjadi di tahun 2018 di Kelurahan Petobo, Kota Palu (BBC News, 2018)	3
Gambar 2. 1. Peta tektonik Indonesia (Hall, 2009b)	7
Gambar 2. 2. Pembagian fisiografi Pulau Jawa bagian tengah dan timur (Husein dkk., 2016)	9
Gambar 2. 3. Peta geologi area penelitian (Samodra dkk., 1992).....	10
Gambar 2. 4. Stratigrafi lembar Pacitan (Samodra dkk., 1992)	11
Gambar 2. 5. Sebaran titik pengukuran bor oleh (Rachmadhani dkk., 2013)	13
Gambar 2. 6. Bor litologi dekat permukaan titik SB06 – SB10 (Rachmadhani dkk., 2013)	14
Gambar 2. 7. Profil ukuran butir dekat permukaan titik SB06 – SB10 (Rachmadhani dkk., 2013)	14
Gambar 2. 8. Seismisitas Pulau Jawa sejak tahun 1970 – 2022 berdasarkan katalog IRIS.....	16
Gambar 2. 9. Peta probabilitas likuefaksi pada kedalaman 1,0 – 2,3 meter (Hartantyo, 2015)	18
Gambar 2. 10. Peta probabilitas terjadinya likuefaksi pada kedalaman 1,0 – 2,3 meter (Hartantyo, 2015)	19
Gambar 2. 11. Area penelitian yang dilakukan oleh Khitam (2022) untuk menganalisis potensi terjadinya likuefaksi di Teluk Pacitan bagian Barat.....	20
Gambar 2. 12. Peta potensi likuefaksi pada kedalaman 0,0 – 5,8 meter di Teluk Pacitan bagian Barat (Khitam, 2022)	21
Gambar 2. 13. Peta probabilitas terjadinya likuefaksi pada kedalaman 0,0 –	

5,8 meter di Teluk Pacitan bagian Barat (Khitam, 2022)	22
Gambar 3. 1. Pergerakan partikel (a) gelombang P; (b) gelombang S; (c) gelombang Rayleigh; (d) gelombang Love (Ólafsdóttir, 2014a)	23
Gambar 3. 2. Prosedur metode <i>multichannel analysis of surface waves</i> (MASW) 1D (Ólafsdóttir, 2014)	25
Gambar 3. 3. Rekaman ground roll yang mendominasi pada sebuah <i>common shot gather</i> survei seismik refleksi (Foti dkk., 2014)	26
Gambar 3. 4. Pola radiasi 2D gelombang Rayleigh akibat titik sumber vertikal (Foti dkk., 2015)	27
Gambar 3. 5. Kedalaman penetrasi gelombang Rayleigh terhadap (a) frekuensi rendah, (b) frekuensi sedang, (c) frekuensi tinggi (Ólafsdóttir, 2014)	28
Gambar 3. 6. Sistem multi-lapisan heterogen (Everett, 2013b)	29
Gambar 3. 7. (a) Dispersi pada penjalaran gelombang Rayleigh (Shearer, 2019), (b) perbedaan kecepatan fase (V_R) dengan kecepatan grup (V_G) (Ólafsdóttir, 2014)	30
Gambar 3. 8. Mode fundamental dan mode pertama kurva dispersi (Ólafsdóttir, 2014b)	31
Gambar 3. 9. Ilustrasi perbedaan topografi dalam akuisisi MASW, (a) dan (b) dapat menghasilkan rekaman gelombang permukaan yang optimum, (c) dan (d) menghasilkan rekaman gelombang permukaan yang kurang optimum (Ólafsdóttir, 2014b)	32
Gambar 3. 10. Konfigurasi pengukuran MASW dengan parameter-parameter pengukuran (Park Seismic LLC, n.d)	35
Gambar 3. 11. Konsep dasar metode pergeseran fase. (a) Data kurva sinusoidal ternormalisasi pada frekuensi 20 Hz dan kecepatan fase m/s. (b) Amplitudo hasil penjumlahan ternormalisasi untuk jumlah tras berbeda	38
Gambar 3. 12. Hasil penggambaran 2D dispersi dari metode <i>phase shift</i> (Ólafsdóttir, 2014b)	40

Gambar 3. 13. Model bumi berlapis dengan parameter kecepatan gelombang <i>shear</i> (V_s), kecepatan gelombang P (V_p), densitas (ρ), dan ketebalan lapisan (h) (Xia dkk., 1999)	42
Gambar 3. 14. Ilustrasi material penyusun sedimen. (a) Sedimen tersusun oleh padatan, air dan udara (<i>partially saturated sand</i>). (b) Sedimen tersusun atas padatan dan air (<i>fully saturated sand</i>) (Hartantyo, 2015)	45
Gambar 3. 15. Ilustrasi pemampatan pori sedimen akibat tekanan geser pada sedimen (Khitam, 2022)	45
Gambar 3. 16. Ilustrasi laju pembebanan (LR) dan laju aliran (DR) air yang keluar dari pori-pori sedimen (Khitam, 2022).....	46
Gambar 3. 17. Grafik hubungan magnitudo terhadap frekuensi kejadian gempa yang melampaui magnitudo tersebut berdasarkan hubungan Gutenberg-Richter (Speidel dan Mattson, 1997).....	50
Gambar 3. 18. Model analisis perhitungan MCE_G (Leyendecker dkk., 2000).....	52
Gambar 3. 19. Hubungan nilai berat jenis tanah tersaturasi dengan nilai V_s (Mayne, 2001)	55
Gambar 3. 20. Kurva resistansi likuefaksi pada gempa bumi dengan magnitudo 7,5 dan sedimen berumur Holosen (Andrus dkk., 2004).....	56
Gambar 3. 21. Metode yang disarankan untuk memperkirakan K_{a1} dari pengukuran SPT dan V_s di lokasi yang sama (Andrus dkk., 2004).....	59
Gambar 4. 1. Diagram alir penelitian	62
Gambar 4. 2. Diagram alir pengolahan data MASW	63
Gambar 4. 3. Capaian titik survei MASW	64
Gambar 4. 4. Dokumentasi akuisisi data MASW	65
Gambar 4. 5. Contoh data lapangan berupa <i>shot gather</i> dari pengukuran MASW di titik T07 pada perangkat lunak DoReMi.....	66
Gambar 4. 6. Geometri survei MASW 1D	67

Gambar 4. 7. Data lapangan (<i>shot gather</i>) dari titik T07 yang sudah diedit geometri pada perangkat lunak Seisimager.....	68
Gambar 4. 8. Diagram kecepatan fase - frekuensi yang dihasilkan dari Transformasi <i>Wavefield</i> dari titik T07	69
Gambar 4. 9. Hasil ekstraksi kurva dispersi dari titik T07	70
Gambar 4. 10. Model inisial yang digunakan dalam proses inversi data titik T07.....	71
Gambar 4. 11. Model <i>Vs</i> per kedalaman hasil proses inversi	72
Gambar 4. 12. Capaian survei sumur untuk mendapatkan data kedalaman muka air tanah dangkal.....	72
Gambar 4. 13. Ilustrasi pengukuran kedalaman muka air tanah dangkal selama survei sumur	73
Gambar 4. 14. Peta nilai percepatan puncak tanah MCE_G di Indonesia (Irsyam dkk., 2017)	75
Gambar 4. 15. Peta nilai percepatan puncak tanah dengan probabilitas melampaui 10% dalam 50 tahun (Irsyam dkk., 2017).....	76
Gambar 5. 1. Contoh data <i>shot gather</i> dari akuisisi data MASW di titik T07 (atas) dan T32 (bawah).....	80
Gambar 5. 2. Contoh diagram kecepatan fase terhadap frekuensi di titik T07 (atas) dan T32 (bawah).....	80
Gambar 5. 3. Contoh kurva dispersi di titik T07 (kiri) dan T32 (kanan)	81
Gambar 5. 4. Penampang model <i>Vs</i> terhadap kedalaman di titik T07 (atas) dan T32 (bawah).....	83
Gambar 5. 5. Peta sebaran nilai kedalaman muka air tanah berdasarkan interpolasi data hasil pengukuran di Teluk Pacitan bagian timur	85
Gambar 5. 6. Peta sebaran nilai kedalaman muka air tanah berdasarkan ekstrapolasi data hasil pengukuran dengan tambahan titik kontrol di Teluk Pacitan bagian timur	86
Gambar 5. 7. Nilai PGA terkoreksi situs berdasarkan percepatan puncak geometrik yang mempertimbangkan gempa maksimum	

(MCEg).....	88
Gambar 5. 8. Nilai PGA terkoreksi situs berdasarkan percepatan puncak dengan probabilitas melampaui 10% dalam 50 tahun.....	88
Gambar 5. 9. Grafik parameter V_s , γ_{air} , γ_{soil} , tekanan vertikal total, tekanan hidrostatik, dan tekanan efektif.....	90
Gambar 5. 10. Grafik parameter CRR, CSR, FS, dan litologi terhadap kedalaman.....	92
Gambar 5. 11. Peta potensi likuefaksi berdasarkan <i>Factor of Safety</i> (FS) dengan PGA geometrik mempertimbangkan gempa maksimum (MCE _G) pada kedalaman 0,00 – 4,04 meter.....	94
Gambar 5. 12. Peta potensi likuefaksi berdasarkan <i>Factor of Safety</i> (FS) dengan PGA geometrik mempertimbangkan gempa maksimum (MCE _G) pada kedalaman 4,04 – 11,40 meter.....	95
Gambar 5. 13. Peta potensi likuefaksi berdasarkan <i>Factor of Safety</i> (FS) dengan PGA probabilitas melampaui 10% dalam 50 tahun pada kedalaman 0,00 – 4,04 meter	98
Gambar 5. 14. Peta potensi likuefaksi berdasarkan <i>Factor of Safety</i> (FS) dengan PGA probabilitas melampaui 10% dalam 50 tahun pada kedalaman 4,04 - 11,40 meter.....	100