

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Daerah Penelitian.....	9
2.2 Penelitian Terdahulu.....	12
BAB III. DASAR TEORI	
3.1 Tipe Tanah Longsor.....	20
3.2 Gelombang Seismik.....	23
3.3 Transformasi Fourier	24
3.3.1 Deret Fourier.....	24
3.3.2 Integral Fourier	27
3.4 Penghalusan Data	28
3.5 Mikrotremor	29
3.5.1 <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i> (HVSZ).....	30
3.5.2 Mikrotremor Array	32
3.6 Teori Inversi dalam SPAC.....	36
3.7 Indeks Kerentanan Seismik (K_g)	39
3.8 Ketebalan Lapisan Sedimen Permukaan	40
3.9 <i>Simple Additive Weight</i> (SAW)	42

BAB IV. METODE PENELITIAN	
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	45
4.2 Peralatan dan Bahan	46
4.3 Prosedur Kerja Penelitian	47
4.4 Akuisisi Data	48
4.4.1 Akuisisi Data Mikrotremor <i>Single Station</i>	48
4.4.2 Akuisisi Data Koordinat dan Elevasi.....	50
4.4.3 Akuisisi Data Mikrotremor <i>Array</i>	51
4.5 Pengolahan Data	54
4.5.1 Pengolahan Data Mikrotremor <i>Single Station</i>	54
4.5.2 Pengolahan Data Koordinat dan Elevasi	60
4.5.3 Pengolahan Data Mikrotremor <i>Array</i>	61
4.5.4 Ketebalan Sedimen dan Morfologi <i>Bedrock</i>	65
4.5.5 <i>Simple Additive Weight (SAW)</i>	66
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Mikrotremor <i>Single Station</i>	69
5.2 Indeks Kerentanan Seismik (<i>Kg</i>).....	75
5.3 Mikrotremor <i>Array</i>	76
5.4 Ketebalan Sedimen dan Morfologi <i>Bedrock</i>	81
5.5 Analisis <i>Simple Additive Weight (SAW)</i>	92
5.6 Area Rawan Longsor	93
5.6.1 Pembagian Zona Area Rawan Longsor dan Interpretasi Bidang Gelincir	93
5.6.2 Perhitungan Volume <i>Soil</i>	97
5.6.2 Analisis Pergerakan Partikel	101
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	103
6.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi penelitian.....	2
Gambar 1.2	Peta zona kerentanan gerakan tanah Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo.....	3
Gambar 1.3	Foto lokasi penelitian (a) lereng dengan kemiringan yang curam (b) jalan yang digunakan masyarakat.....	5
Gambar 2.1	Peta Geologi Lembar Yogyakarta Kab. Kulon Progo.....	10
Gambar 2.2	Stratigrafi Regional Kulon Progo	10
Gambar 2.3	Daerah penelitian dan singkapan Andesit di sebelah timur lereng.....	11
Gambar 2.4	Pola keruntuhan lereng dari berbagai kemiringan (a) 30°, (b) 40°, dan (c) 60°	12
Gambar 2.5	Peta amplifikasi Desa Olak Alen.....	15
Gambar 3.1	Tipe aliran material longsor, a) <i>rockfall</i> , b) <i>topple</i> , c) <i>rotational landslide</i> , d) <i>translational landslide</i> , e) <i>lateral spread</i> , f) <i>debris flow</i> , g) <i>lahars</i> , h) <i>debris avalanches</i> , dan i) <i>earthflow</i>	20
Gambar 3.2	Ilustrasi gerakan tanah seperti gerak benda pada bidang miring.....	21
Gambar 3.3	Jenis-jenis gelombang (a) P, (b) S, (c) Rayleigh, dan (d) Love.....	23
Gambar 3.4	Kurva rasio H/V yang di-smoothing (garis putus) dengan $b = 10$, $b = 20$, dan $b = 30$	29
Gambar 3.5	Arah perambatan gelombang pada 2 sensor.....	33
Gambar 3.6	Skema permasalahan inversi.....	36
Gambar 3.7	Proses dan teknik pemodelan ke depan a) menghitung respon dari model tertentu; b) memodifikasi parameter model untuk memperoleh kecocokan.....	37
Gambar 3.8	Sel Voronoi.....	39
Gambar 3.9	Prinsip hubungan antara frekuensi dan ketebalan sedimen.....	40
Gambar 3.10	Diagram alir metode SAW untuk pemetaan area rawan longsor.....	42
Gambar 4.1	Peta desain survei.....	46
Gambar 4.2	Diagram alir prosedur kerja penelitian.....	47
Gambar 4.3	<i>Setting</i> akuisisi data mikrotremor <i>single station</i>	49
Gambar 4.4	Desain sensor (geofon) akuisisi data mikrotremor <i>array</i>	52
Gambar 4.5	<i>Setting</i> akuisisi data mikrotremor <i>array</i>	53
Gambar 4.6	<i>Geophone</i> sebagai penerima gelombang seismik di darat	54
Gambar 4.7	Diagram alir metode HVSR.....	55
Gambar 4.8	<i>Raw data</i> mikrotremor <i>single station</i> 3 komponen dalam domain waktu untuk rekaman sinyal titik B2.....	56

Gambar 4.9	<i>Raw</i> data mikrotremor <i>single station</i> 3 komponen dalam domain frekuensi untuk rekaman sinyal titik B2.....	56
Gambar 4.10	Tampilan menu <i>toolbox H/V</i> kolom <i>time</i>	57
Gambar 4.11	Pemilihan <i>window</i> untuk rekaman sinyal titik B2 dengan $l_w=20$ s dan $n_w=28$	58
Gambar 4.12	Tampilan menu <i>toolbox H/V</i> kolom <i>processing</i>	58
Gambar 4.13	Tampilan kurva HVSR titik B2; (a) Tampilan kurva HVSR tanpa <i>smoothing</i> ; (b) Tampilan kurva HVSR dengan <i>smoothing</i>	59
Gambar 4.14	Tampilan <i>report</i> dari <i>coordinats overview</i> perangkat lunak Trimble Total Control.....	60
Gambar 4.15	Diagram alir metode SPAC	61
Gambar 4.16	Menu <i>table</i> pada Geopsy, kolom <i>receiver</i> berisi data koordinat masing-masing titik sensor	62
Gambar 4.17	Tampilan 4 <i>window</i> dan <i>ring</i> yang menghubungkan korelasi titik-titik sensor	63
Gambar 4.18	Tampilan kurva SPAC pada Spac2disp.....	63
Gambar 4.19	Tampilan kurva dispersi hasil <i>picking</i>	64
Gambar 4.20	Tampilan program Dinver setelah melakukan load file dan menentukan parameter-parameter yang digunakan.....	65
Gambar 5.1	Kurva HVSR titik (a) A2, (b) B4, (c) C3, dan (d) D4.....	69
Gambar 5.2	Grafik frekuensi dan amplifikasi.....	72
Gambar 5.3	Peta sebaran nilai frekuensi (f_0) daerah penelitian	73
Gambar 5.4	Peta sebaran nilai amplifikasi daerah penelitian	74
Gambar 5.5	Peta sebaran indeks kerentanan seismik (K_g) daerah penelitian.....	75
Gambar 5.6	Perbandingan kurva dispersi teoritis dengan kurva dispersi observasi (a) Titik S1, dan (b) Titik S2.....	77
Gambar 5.7	Profil kecepatan gelombang sekunder berdasarkan analisis SPAC (a) Titik S1, dan (b) Titik S2.....	78
Gambar 5.8	Sebaran Vs30 versi USGS di lokasi penelitian.....	79
Gambar 5.9	Peta elevasi permukaan tanah.....	83
Gambar 5.10	Peta ketebalan sedimen	84
Gambar 5.11	Litologi hasil pengeboran titik B5.....	86
Gambar 5.12	Peta kemiringan a) permukaan tanah dan b) <i>bedrock</i>	88
Gambar 5.13	Tampilan 3D morfologi <i>bedrock</i>	89
Gambar 5.14	Tampilan 3D morfologi lereng.....	89
Gambar 5.15	Penampang 2D model lereng.....	90
Gambar 5.16	Peta sebaran area rawan longsor.....	93
Gambar 5.17	Lima pembagian zona dengan tingkat kerawannya.....	94
Gambar 5.18	<i>Report</i> volume total <i>soil</i> dengan menggunakan <i>software</i> Surfer.....	98
Gambar 5.19	Model 3D <i>soil</i> dengan tingkat kerawanan longsor menengah sampai tinggi (nilai > 5,69).....	99

Gambar 5.20	<i>Report volume soil</i> dengan tingkat kerawanan menengah sampai tinggi menggunakan menggunakan <i>software</i> Rockworks.....	100
Gambar 5.21	Analisis pergerakan partikel	101
Gambar L2.1	Spektrum HVSR titik A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, dan B5.....	113
Gambar L2.2	Spektrum HVSR titik B6, B7, B8, B9, C1, C2, C3, C4, dan C5.....	114
Gambar L2.3	Spektrum HVSR titik C6, C7, C8, C9, D1, D2, D3, D4, dan D5.....	115
Gambar L2.4	Spektrum HVSR titik D6, D7, dan D8.....	116
Gambar L3.1	Titik pengukuran	117
Gambar L3.2	Desain <i>array</i>	117

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Rata-rata Curah Hujan dan Hari Hujan Per Kecamatan di Kabupaten Kulon Progo Tahun 2015.....	4
Tabel 1.2	Rata-rata Curah Hujan dan Hari Hujan Per Bulan di Kecamatan Samigaluh Tahun 2015	4
Tabel 2.1	Pengaruh kadar air dan kuat geser terhadap keruntuhan tanah	13
Tabel 2.2	Perbandingan metode HVSR dan metode SPAC.....	17
Tabel 4.1	Bobot Atribut Peta Area Rawan Longsor.....	66
Tabel 4.2	Pengkelasan parameter gradien ketinggian	67
Tabel 4.3	Pengkelasan parameter curah hujan tahunan	68
Tabel 5.1	Hasil Pengolahan Data Mikrotremor <i>Single Station</i> Metode HVSR	70
Tabel 5.2	Kecepatan gelombang sekunder (V_s) dan ketebalan lapisan sedimen (H) hasil analisis SPAC	78
Tabel 5.3	Perbandingan nilai kecepatan gelombang sekunder (V_s) versi USGS dengan V_s hasil pengukuran	79
Tabel 5.4	Ketebalan lapisan sedimen (H), elevasi permukaan (Z_{perm}), dan elevasi bedrock (Z_{bed}).....	81
Tabel 5.5	Perbandingan ketebalan lapisan tanah hasil analisis mikrotremor dan hasil lubang bor.....	87
Tabel 5.6	Atribut pembobotan dalam analisis SAW	92
Tabel 5.7	Porositas material geologi	96
Tabel L3.1	Koordinat titik pengukuran mikrotremor <i>array</i>	118
Tabel L4.1	Proses pengolahan analisis SAW.....	119
Tabel L5.1	Proses pengolahan	121
Tabel L5.2	<i>Reliable</i> dan <i>clear peak</i>	123

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$\bar{\rho}$	Rata-rata korelasi	
$\bar{\rho}$	Persamaan rasio autokorelasi	
ρ	Korelasi antar dua sensor	
α	<i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA)	g
γ	<i>Ground shear strain</i>	
ρ	Densitas	kg/m ³
σ	<i>Poisson's ratio</i>	
b	Koefisien <i>bandwidth</i> pada <i>smoothing</i>	
A_o	Amplifikasi	
e	Efisiensi dari gaya dinamik tanah	%
f_c	Frekuensi sentral	Hz
f_o	Frekuensi natural	Hz
f_r	Frekuensi resonansi	Hz
H	Ketebalan sedimen	meter
it_{max}	Banyaknya iterasi yang dilakukan dalam inversi	
J_o	Fungsi Bessel jenis pertama orde-0	
K_g	Indeks kerentanan seismik	
L	Suatu fungsi dalam proses inversi yang dicari nilai minimumnya	
n_r	banyaknya sel terbaik dengan misfit terkecil di mana model n_s terbentuk	
n_s	Banyaknya model yang dihasilkan untuk setiap iterasi	
n_{s0}	Banyaknya model yang dipilih berdasarkan parameter masukan saat awal proses inversi	
r_{ij}	Rating kinerja ternormalisasi alternatif ke- i pada atribut ke- j	
S_{HB}	Spektrum horizontal di <i>bedrock</i>	
S_{HS}	Spektrum horizontal di sedimen	
S_{TT}	Rasio S_{HS} dan S_{VS} , dikenal dengan HVSR	
S_{VB}	Spektrum vertikal di <i>bedrock</i>	
S_{VS}	Spektrum vertikal di sedimen	
v_0	Kecepatan gelombang geser pada permukaan	m/s
V_i	Nilai akhir dari analisis SAW	
V_p	Kecepatan gelombang P	m/s
V_s	Kecepatan gelombang geser atau sekunder	m/s
w_j	Bobot atribut	%
Z_{bed}	Elevasi <i>bedrock</i>	m
Z_{perm}	Elevasi permukaan tanah	m

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Definisi
Amplifikasi	: Faktor pembesaran gelombang pada lapisan Bumi sebagai respon suatu lapisan terhadap getaran akibat gempabumi.
Andesit	: Jenis batuan beku vulkanik, yang tersusun atas butiran mineral halus, pada umumnya terbentuk di atas zona subduksi. Jenis batu ini biasa digunakan dalam bangunan-bangunan megalitik seperti candi dan piramida.
Autokorelasi	: Integral korelasi antara suatu fungsi dengan dirinya sendiri.
<i>Bedrock</i>	: Batuan padat masif yang berada di bawah permukaan tanah atau sedimen permukaan. Umumnya <i>bedrock</i> berada di dalam Bumi, tetapi terkadang tersingkap di permukaan Bumi (versi geologi). Batuan padat tidak masif yang berada di bawah permukaan tanah yang umumnya berada pada kedalaman dangkal (versi geoteknik).
Bidang gelincir	: Bidang batas antara lapisan lapuk yang mengalami longsor dengan lapisan batuan keras yang ada di bawahnya.
Breksi	: Batuan yang terdiri dari fragmen-fragmen mineral atau batuan yang disemen secara bersama-sama oleh matriks berbutir halus.
Denudasi	: Suatu proses pengikisan permukaan Bumi dalam waktu yang lama sehingga ketinggiannya berkurang. Denudasi terjadi disebabkan oleh tenaga endogen (pergerakan lempeng tektonik, gempabumi, rekahan, dan gunung berapi) serta eksogen (erosi dan pelapukan).
Dispersi	: Fenomena saat gelombang memiliki kecepatan yang tidak hanya bergantung pada sifat fisis dari medium perambatannya, tetapi juga bergantung pada frekuensi gelombangnya.
Elevasi	: Ketinggian suatu titik dari geoid.
Endapan	: Konsentrasi suatu mineral pada kulit Bumi yang terbentuk secara alami dalam suatu wilayah terbatas.

- Formasi : Suatu susunan batuan yang mempunyai keseragaman ciri-ciri geologis yang nyata, baik terdiri dari satu jenis batuan, maupun perulangan dari dua jenis batuan atau lebih yang terletak di permukaan Bumi atau di bawah permukaan Bumi.
- Frekuensi Natural : Atau frekuensi dominan, merupakan nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari benda/batuan di wilayah tersebut. Dalam analisis HVSR, nilai frekuensi natural berkaitan dengan kedalaman bidang batas antara sedimen lapuk dengan batuan keras.
- Indeks Kerentanan Seismik : Besaran fisis kerentanan suatu daerah yang terkena dampak akibat guncangan atau pergerakan lapisan batuan.
- Inversi : Proses untuk memperoleh parameter model fisika dari data hasil observasi dalam suatu sistem.
- Iterasi : Proses yang dilakukan berulang-ulang dalam menyelesaikan permasalahan matematika (contoh: inversi).
- Lempung : Tanah liat, terbentuk dari pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi.
- Mikrotremor : Getaran konstan yang terjadi secara terus menerus pada permukaan tanah dan memiliki amplitudo rendah (10^{-4} – 10^{-2} mm).
- Morfologi : Ilmu yang mempelajari sifat-sifat tanah yang berkaitan dengan kenampakan, ciri-ciri, dan sifat-sifat penyusunnya yang dapat teramati.
- Soil* (sedimen permukaan) : Lapisan atas dari kulit Bumi atau kerak yang terbentuk dari pelapukan batuan membentuk tubuh yang menutupi batuan.
- Topografi : Keadaan, bentuk, dan sebaran muka Bumi beserta dimensinya.
- UTM (*Universal Transverse Mercator*) : Rangkaian proyeksi Transverse Mercator untuk global di mana bumi dibagi menjadi 60 zona, setiap zona mencakup 6 derajat bujur. Satuan unit koordinat UTM adalah meter.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spesifikasi <i>Seismometer Lennartz Electronic</i> tipe LE-3D/20s	112
Lampiran 2	Kurva HVSR hasil analisis data mikrotremor <i>single station</i>	113
Lampiran 3	Titik pengukuran dan koordinat titik pengukuran mikrotremor <i>array</i>	117
Lampiran 4	Proses pengolahan analisis SAW	119
Lampiran 5	<i>Proses pengolahan analisis reliable dan clear peak</i>	121