

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAM SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN	xxiii
INTISARI	xxvi
ABSTRACT	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Lokasi Penelitian	6
1.3 Hipotesis Penelitian	7
1.4 <i>Road Map</i> (Peta Jalan) Penelitian	8
1.5 Perumusan Masalah	12
1.6 Pemecahan Masalah	13
1.7 Lingkup Pemecahan Masalah	14
1.8 Batasan Masalah	14
1.9 Tujuan Penelitian	15
1.10 Manfaat Penelitian	16
1.11 Kebaruan Penelitian	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	22
2.1 Penelitian Terdahulu	22
2.1.1 Tinjauan secara umum	22
2.1.2 Tinjauan secara geofisika	29
2.2 Geologi Daerah Kepahiang	32
2.2.1 Geologi regional daerah Kepahiang	32
2.2.2 Geologi detail daerah Kepahiang	36
2.2.3 Survei <i>logging</i>	44
2.3 Geomorfologi Daerah Kepahiang	52
2.3.1 Dataran	54
2.3.2 Perbukitan berelief halus	54
2.3.3 Perbukitan berelief sedang	54
2.3.4 Perbukitan berelief agak kasar	54
2.3.5 Perbukitan berelief kasar	54
2.3.6 Perbukitan berelief sangat kasar	55
2.4 Kondisi Geografis Daerah Kepahiang	59

BAB III	LANDASAN TEORI	63
3.1	Gerakan Massa Tanah	63
3.1.1	Penyebab longsor dan kestabilan lereng	63
3.1.2	Potensi dan konsep dasar longsor	69
3.1.3	Teori katastrofe	70
3.1.4	Klasifikasi longsor	77
3.1.5	Tipologi kawasan rawan bencana longsor berdasarkan penetapan zonasi	79
3.2	Gempabumi sebagai Pemicu Longsor	84
3.3	Gempabumi dan Gelombang Seismik	85
3.3.1	Magnitudo gelombang lokal ( $m_L$ )	88
3.3.2	Magnitudo gelombang badan ( $m_b$ )	89
3.3.3	Magnitudo gelombang permukaan ( $m_s$ )	89
3.3.4	Magnitudo gempa dan skala magnitudo	90
3.3.5	Jarak episenter dan hiposenter	92
3.3.6	Atenuasi gelombang seismik	93
3.3.7	Percepatan getaran tanah maksimum	96
3.3.8	Energi Gempa	104
3.4	Deformasi Batuan	107
3.5	Mikrotremor	114
3.6	Metode <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i> (HVSr)	116
3.6.1	Konsep dasar metode <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i> (HVSr)	116
3.6.2	Regangan geser tanah	119
3.6.3	Penghalusan data	122
3.7	Metode Statistik <i>Analitycal Hierarchy Process</i> (AHP)	122
3.8	Metode <i>Multichannel Analysis of Surface Wave</i> (MASW)	127
3.8.1	Konsep dasar metode <i>Multichannel Analysis of Surface Wave</i> (MASW)	127
3.8.2	Transformasi $f - k$	129
3.9	Metode Seismik Refraksi	130
3.9.1	Perambatan gelombang seismik	131
3.9.2	Pembiasan pada bidang batas	133
3.9.3	Perambatan gelombang pada medium dua lapis horizontal	134
3.9.4	Metode <i>time-term</i>	141
3.10	Analisis Sampel Tanah	143
3.10.1	Batas-batas Atterberg	145
3.10.2	Ukuran butiran tanah	146
3.10.3	Sistem klasifikasi tanah menurut USCS	147
BAB IV	METODE PENELITIAN	149
4.1	Tahapan Penelitian	149
4.2	Akuisisi Data	149
4.3	Pengolahan data	164
4.4	Intepretasi dan Analisis Data	169

BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	175
5.1	Hasil-Hasil Pengolahan Data Metode <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i> (HVSr)	175
5.1.1	Rekaman mikrotremor	175
5.1.2	Frekuensi dominan	179
5.1.3	Peta potensi longsor	180
5.2	Hasil-hasil pengolahan data metode <i>Multichannel Analysis of Surface Wave</i> (MASW) dan metode seismik refraksi	213
5.2.1	Penentuan jumlah lapisan, RMSE, dan <i>best misfit</i> terbaik pada metode MASW	213
5.2.2	Penentuan batas lapisan dan RMSE terbaik pada metode seismik refraksi	218
5.2.3	Interpretasi data <i>Multichannel Analysis of Surface Wave</i> (MASW) dan metode seismik refraksi	249
5.3	Analisis Sampel Tanah dan Penentuan Kestabilan Lereng	267
5.4	Hubungan Hasil Perhitungan Parameter-Parameter Fisis (Sifat Elastis) dari Metode HVSr, Metode MASW, Metode Seismik Refraksi, dan Data Sampel Tanah Terhadap Potensi Longsor	276
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	280
6.1	Kesimpulan	280
6.2	Saran	284
	DAFTAR PUSTAKA	286
	LAMPIRAN	290

## DAFTAR GAMBAR

		halaman
Gambar 1.1	Peta seismisitas gempa-gempa setelah direlokasi dengan magnitudo $\geq 4,0$ di wilayah Sumatra hasil pengolahan dari Tim Pusat Studi Gempa Nasional	2
Gambar 1.2	Zona sesar Sumatra dengan <i>slip rate</i> yang berbeda pada tiap segmen	3
Gambar 1.3	Sebaran curah hujan rata-rata pada beberapa pos pengamatan hujan BMKG di Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	5
Gambar 1.4	Salah satu jalur transportasi utama di Kabupaten Kepahiang yang merupakan jalur penghubung dari Provinsi Bengkulu ke provinsi-provinsi lainnya yang mengalami longsor	6
Gambar 1.5	Peta lokasi penelitian daerah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	7
Gambar 1.6	Mekanisme terjadinya gerakan massa tanah/batuan dan komponen-komponen penyebabnya	9
Gambar 1.7	<i>Road map</i> (peta jalan) penelitian disertasi	11
Gambar 2.1	Peta zona kerentanan gerakan tanah daerah Kepahiang dengan menggunakan pendekatan statistik dan pendekatan geologi	25
Gambar 2.2	Peta geologi regional lembar Bengkulu, Sumatra	34
Gambar 2.3	Peta geologi detail lembar wilayah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	37
Gambar 2.4	Peta <i>overlay</i> kondisi geologi detail dan zona kerentanan gerakan tanah Kabupaten Kepahiang Provinsi Bengkulu	43
Gambar 2.5	Lokasi sumur bor KPH-1 di daerah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	45
Gambar 2.6	Konstruksi sumur KPH-1 di daerah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	46
Gambar 2.7	Kenampakan morfologi daerah Kabupaten Kepahiang berdasarkan data DEM	53
Gambar 2.8	Contoh longsor di lapangan yang terjadi di jalan lintas Bengkulu – Kepahiang	56
Gambar 2.9	Peta kemiringan lereng daerah Kabupaten Kepahiang	57
Gambar 2.10	Peta <i>overlay</i> kondisi geologi dan citra DEM SRTM daerah Kabupaten Kepahiang	58
Gambar 2.11	Peta sebaran jumlah penduduk pada masing-masing kecamatan di Kabupaten Kepahiang dan keberadaan sesar dari peta geologi detail	61
Gambar 3.1	Lereng tak terhingga tanpa aliran rembesan	66

Gambar 3.2	Model permukaan katastrofe <i>cusp</i> dengan bagian-bagian lipatannya	72
Gambar 3.3	Grafik fungsi potensial dengan $V(x) = \frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{2}$	74
Gambar 3.4	Kurva <i>hysteresis</i> katastrofe <i>cusp</i>	74
Gambar 3.5	Model katastrofe <i>cusp</i>	75
Gambar 3.6	Ragam keadaan energi potensial pada persitiwa bifurkasi <i>cusp</i>	77
Gambar 3.7	Klasifikasi jenis longsor	78
Gambar 3.8	Tipologi zona berpotensi longsor berdasarkan hasil kajian hidrogeomorfologi	80
Gambar 3.9	Model <i>elastic rebound</i> gempa	86
Gambar 3.10	Ilustrasi dari tipe-tipe gelombang gempa	87
Gambar 3.11	Contoh rekaman gelombang seismik	88
Gambar 3.12	Hubungan skala magnitudo momen dan skala magnitudo lain	91
Gambar 3.13	Hiposenter, episenter dan <i>epicentral distance</i>	92
Gambar 3.14	<i>Bandwidth</i> $E_{\max}/2$ dengan $f_1$ , $f_2$ , dan $f_0$	95
Gambar 3.15	Peta PGA dari pengaruh semua sumber gempa (subduksi, sesar, dan <i>shallow</i> dan <i>deep background</i> ) di Kabupaten Kepahiang Provinsi Bengkulu	102
Gambar 3.16	Peta sebaran $V_{s30}$ dari data USGS di Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu dan sekitarnya	104
Gambar 3.17	Hubungan energi gempa dan magnitudo gempa	105
Gambar 3.18	Hubungan antara energi gempa dan <i>seismic moment</i> di daerah Pulau Sumatra bagian selatan (data dari BMKG, USGS dan ISC dengan $M_w \geq 5$ )	106
Gambar 3.19	Hubungan antara energi gempa dan <i>seismic moment</i> untuk gempa dangkal dan gempa menengah (gabungan) di daerah Pulau Sumatra bagian selatan (data dari BMKG, USGS, dan ISC dengan $M_w \geq 5$ )	106
Gambar 3.20	Gaya $F$ yang bekerja pada sebuah batang dengan luas penampang $A$	108
Gambar 3.21	Hubungan <i>stress</i> dan <i>strain</i> yang menyebabkan deformasi	109
Gambar 3.22	Contoh geometri lipatan ( <i>fold</i> ) di alam	110
Gambar 3.23	Lipatan sederhana dengan bagian-bagiannya	111
Gambar 3.24	Diagram blok sesar	112
Gambar 3.25	Bentuk-bentuk sesar normal	113
Gambar 3.26	Jenis-jenis sesar dan arah <i>stress</i> utama yang menyebabkan deformasi dan perubahan topografi	114
Gambar 3.27	Contoh hasil rekaman mikrotremor yang berasal dari getaran alami dan getaran <i>transient</i>	115
Gambar 3.28	Tipe struktur geologi yang berisi material sedimen halus	117
Gambar 3.29	Contoh kurva H/V spektrum mikrotremor hasil analisis HVSR	119

Gambar 3.30	Konsep teknik perhitungan nilai <i>ground shear strain</i> pada lapisan tanah permukaan ketika terjadi gempabumi	120
Gambar 3.31	Standar struktur hierarki metode AHP	123
Gambar 3.32	Sifat penetrasi partikel gelombang <i>Rayleigh</i>	128
Gambar 3.33	Konfigurasi pengukuran lapangan pada metode MASW menggunakan seismometer 24 geofon	129
Gambar 3.34	Lintasan geometri gelombang langsung, gelombang bias, dan gelombang pantul	132
Gambar 3.35	Perambatan gelombang seismik yang membentuk sudut kritis	133
Gambar 3.36	Diagram untuk menentukan kedalaman lapisan	134
Gambar 3.37	Grafik hubungan waktu tiba vs jarak	138
Gambar 3.38	Penjalaran gelombang pada refraktor yang sejajar dengan permukaan tanah	142
Gambar 3.39	Penjalaran gelombang pada permukaan melengkung non-paralel	143
Gambar 4.1	Diagram alir utama penelitian	150
Gambar 4.2	Proses akuisisi data di lapangan menggunakan <i>Broadband Seismometer</i> PASI Gemini-2 dengan metode HVSr	153
Gambar 4.3	Proses akuisisi data lapangan menggunakan <i>seismograph</i> digital 16S24-P dengan metode MASW dan metode seismik refraksi	154
Gambar 4.4	Proses pengambilan data sampel tanah	155
Gambar 4.5	Seperangkat alat utama untuk akuisisi data	157
Gambar 4.6	Sebaran titik-titik data di daerah penelitian menggunakan metode HVSr, metode MASW, metode seismik refraksi, dan analisis sampel tanah	158
Gambar 4.7	Peta lokasi penelitian metode MASW, metode seismik refraksi, dan pengambilan sampel untuk analisis sampel tanah	161
Gambar 4.8	Titik-titik data pada masing-masing lokasi penelitian dengan metode MASW, seismik refraksi, dan analisis sampel tanah	162
Gambar 4.9	Diagram alir penelitian metode HVSr	171
Gambar 4.10	Diagram alir penelitian metode MASW	172
Gambar 4.11	Diagram alir penelitian metode seismik refraksi	173
Gambar 4.12	Diagram alir penelitian analisis sampel tanah	174
Gambar 5.1	Contoh sinyal hasil rekaman mikrotremor yang diperoleh di lapangan	175
Gambar 5.2	Contoh spektrum hasil pengolahan data untuk mendapatkan nilai $f_0$ dan $A_0$ pada titik data dengan frekuensi dominan dan amplifikasi masing-masing	177
Gambar 5.3	Spektrum hasil pengolahan data pada stasiun k12 yang tidak memenuhi persyaratan kriteria reliabilitas	178

Gambar 5.4	Peta sebaran frekuensi dominan di Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	179
Gambar 5.5	Sebaran nilai regangan geser tanah atau <i>ground shear strain</i> (GSS) di Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	181
Gambar 5.6	Peta curah hujan Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu dari BMKG dan titik-titik data penelitian HVS	183
Gambar 5.7	Peta geologi regional dan keberadaan sesar Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu dan titik-titik data penelitian HVS	184
Gambar 5.8	Peta geologi detail dan keberadaan sesar Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu dan titik-titik data penelitian HVS	186
Gambar 5.9	Peta PGA batuan dasar Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu dan titik-titik data penelitian HVS. Nilai-nilai PGA yang diperoleh menggunakan pendekatan metode <i>Probabilistic Seismic Hazard Analysis</i> (PSHA)	189
Gambar 5.10	Peta $V_{s30}$ Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu dan titik-titik data penelitian HVS	190
Gambar 5.11	Peta potensi longsor di daerah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu dengan menggunakan metode pembobotan statistik <i>Analitycal Hierarchy Process</i> (AHP)	200
Gambar 5.12	Peta <i>overlay</i> kejadian longsor (foto dokumen) dengan potensi longsor berdasarkan perhitungan menggunakan metode AHP di daerah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	204
Gambar 5.13	Peta <i>overlay</i> tata guna lahan dengan potensi longsor di daerah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	205
Gambar 5.14	Peta <i>overlay</i> keberadaan sesar dengan potensi longsor di daerah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu	206
Gambar 5.15	Lokasi kejadian gempa merusak tahun 2014 dan tahun 2017 yang disebabkan oleh pergerakan aktivitas sesar Sumatra segmen Musi dan sesar Babakan Bogor di Kabupaten Kepahiang	210
Gambar 5.16	Nilai-nilai RMSE dan <i>best misfit</i> pada lokasi 1 titik data L02	214
Gambar 5.17	Contoh hasil pengolahan data metode MASW	216
Gambar 5.18	Model 1-D $V_s$ , densitas, dan ketebalan lapisan pada titik data Q3	217
Gambar 5.19	Contoh penampang seismik dari data <i>shot gather</i> metode seismik refraksi yang sudah dimasukkan faktor geometri lapangannya	218
Gambar 5.20	Kurva <i>travel time</i> sebagai fungsi jarak dan RMSE-nya di lokasi tepat sejajar longsor (1b)	220



Gambar 5.21	Nilai-nilai kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ), densitas, dan ketebalan masing-masing titik data pada lokasi 1 di atas longsor	221
Gambar 5.22	Model 2-D sebaran kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) pada lokasi 1 di atas longsor menggunakan metode MASW	222
Gambar 5.23	Model 2-D sebaran nilai densitas pada lokasi 1 di atas longsor menggunakan metode MASW	222
Gambar 5.24	Model 2-D sebaran nilai rasio Poisson pada lokasi 1 di atas longsor menggunakan metode MASW	223
Gambar 5.25	Model 2-D sebaran nilai modulus geser pada lokasi 1 di atas longsor menggunakan metode MASW	223
Gambar 5.26	Model 2-D sebaran nilai modulus Young pada lokasi 1 di atas longsor menggunakan metode MASW	224
Gambar 5.27	Nilai-nilai kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ), densitas, dan ketebalan masing-masing titik data pada lokasi 1 tepat di longsor	225
Gambar 5.28	Kurva dispersi (bagian atas sebelah kiri), <i>misfit evolution</i> (bagian bawah sebelah kiri), dan profil $V_s$ (bagian sebelah kanan)	225
Gambar 5.29	Model 2-D penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) tegak lurus di atas longsor pada lokasi 1 (1a) menggunakan metode seismik refraksi	226
Gambar 5.30	Model 2-D penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) tepat sejajar longsor pada lokasi 1 (1b) menggunakan metode seismik refraksi	227
Gambar 5.31	Model 2-D penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) tepat tegak lurus longsor pada lokasi 1 menggunakan metode seismik refraksi	227
Gambar 5.32	Nilai-nilai kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ), densitas, dan ketebalan masing-masing titik data pada lokasi 2	229
Gambar 5.33	Model 2-D sebaran kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) pada lokasi 2 menggunakan metode MASW	230
Gambar 5.34	Model 2-D sebaran nilai densitas pada lokasi 2 menggunakan metode MASW	230
Gambar 5.35	Model 2-D sebaran nilai rasio Poisson pada lokasi 2 menggunakan metode MASW	231
Gambar 5.36	Model 2-D sebaran nilai modulus geser pada lokasi 2 menggunakan metode MASW	231
Gambar 5.37	Model 2-D sebaran nilai modulus Young pada lokasi 2 menggunakan metode MASW	232
Gambar 5.38	Model 2-D penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) pada lokasi 2 menggunakan metode seismik refraksi	232
Gambar 5.39	Nilai-nilai kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ), densitas, dan ketebalan masing-masing titik data pada lokasi 3	233
Gambar 5.40	Model 2-D sebaran kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) pada lokasi 3 menggunakan metode MASW	234



Gambar 5.41	Model 2-D sebaran nilai densitas pada lokasi 3 menggunakan metode MASW	234
Gambar 5.42	Model 2-D sebaran nilai rasio Poisson pada lokasi 3 menggunakan metode MASW	235
Gambar 5.43	Model 2-D sebaran nilai modulus geser pada lokasi 3 menggunakan metode MASW	235
Gambar 5.44	Model 2-D sebaran nilai modulus Young pada lokasi 3 menggunakan metode MASW	236
Gambar 5.45	Model 2-D penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) pada lokasi 3 menggunakan metode seismik refraksi	237
Gambar 5.46	Nilai-nilai kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ), densitas, dan ketebalan masing-masing titik data pada lokasi 4	238
Gambar 5.47	Model 2-D sebaran kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) pada lokasi 4 menggunakan metode MASW	239
Gambar 5.48	Model 2-D sebaran nilai densitas pada lokasi 4 menggunakan metode MASW	239
Gambar 5.49	Model 2-D sebaran nilai rasio Poisson pada lokasi 4 menggunakan metode MASW	240
Gambar 5.50	Model 2-D sebaran nilai modulus geser pada lokasi 4 menggunakan metode MASW	240
Gambar 5.51	Model 2-D sebaran nilai modulus Young pada lokasi 4 menggunakan metode MASW	241
Gambar 5.52	Model 1-D $V_s$ , densitas, dan ketebalan lapisan beserta profil kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) pada lokasi 5 menggunakan metode MASW	242
Gambar 5.53	Model 2-D penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) pada lokasi 5 menggunakan metode seismik refraksi	243
Gambar 5.54	Nilai-nilai kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ), densitas, dan ketebalan masing-masing titik data pada lokasi 6	244
Gambar 5.55	Model 2-D sebaran kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) pada lokasi 6 menggunakan metode MASW	245
Gambar 5.56	Model 2-D sebaran nilai densitas pada lokasi 6 menggunakan metode MASW	245
Gambar 5.57	Model 2-D sebaran nilai rasio Poisson pada lokasi 6 menggunakan metode MASW	246
Gambar 5.58	Model 2-D sebaran nilai modulus geser pada lokasi 6 menggunakan metode MASW	246
Gambar 5.59	Model 2-D sebaran nilai modulus Young pada lokasi 6 menggunakan metode MASW	247
Gambar 5.60	Model 1-D $V_s$ , densitas, dan ketebalan lapisan beserta profil kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) pada lokasi 6 menggunakan metode MASW	248
Gambar 5.61	Model 2-D penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) pada lokasi 6 menggunakan metode seismik refraksi	248

Gambar 5.62	Model 2-D <i>cell</i> penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) pada lintasan tepat sejajar longsor lokasi 1 menggunakan metode seismik refraksi	273
Gambar 5.63	Model 2-D <i>cell</i> penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) pada lokasi 3 menggunakan metode seismik refraksi	274
Gambar 5.64	Model 2-D <i>cell</i> penampang kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) pada lokasi 6 menggunakan metode seismik refraksi	274

## DAFTAR TABEL

		halaman
Tabel 1.1	Perbandingan antara penelitian-penelitian sebelumnya dengan penelitian disertasi	19
Tabel 2.1	Klasifikasi kemiringan lereng beserta karakteristik dan kondisi lahan serta warna simbolnya	55
Tabel 2.2	Sebaran jumlah penduduk pada masing-masing kecamatan di Kabupaten Kepahiang per tahun 2014	60
Tabel 2.3	Luas wilayah menurut kecamatan di Kabupaten Kepahiang per tahun 2014	62
Tabel 3.1	Bentuk katastrophe yang diusulkan oleh Rene Thom	71
Tabel 3.2	Klasifikasi <i>Modified Mercalli Intensity</i> (MMI) dengan nilai PGA dan deskripsi dampak sosialnya	100
Tabel 3.3	Klasifikasi jenis tanah menurut SNI 1726-2012	103
Tabel 3.4	Estimasi kecepatan akumulasi energi gempa ( <i>seismic moment</i> )	107
Tabel 3.5	Nilai-nilai <i>shear strain</i> dan karakteristik dinamika tanah	122
Tabel 3.6	Skala perbandingan berpasangan tingkat kepentingan	124
Tabel 3.7	Nilai <i>PI</i> , sifat, jenis tanah, dan kohesi yang diusulkan oleh Atterberg	146
Tabel 4.1	Jenis-jenis data sekunder dan sumber-sumbernya	151
Tabel 4.2	Jenis-jenis peralatan dan bahan, spesifikasi alat, metode yang dipakai beserta kegunaan dan parameter yang dihasilkan	156
Tabel 5.1	Skala perbandingan berpasangan pada masing-masing parameter di daerah penelitian	194
Tabel 5.2	Matriks perbandingan berpasangan pada masing-masing parameter	197
Tabel 5.3	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk GSS	197
Tabel 5.4	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk curah hujan (CH)	197
Tabel 5.5	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk PGA	197
Tabel 5.6	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk $V_{s30}$	198
Tabel 5.7	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk kemiringan lereng	198
Tabel 5.8	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk jarak dari sesar	198
Tabel 5.9	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk kondisi batuan	198
Tabel 5.10	Matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-parameter untuk tinggi lereng	199

Tabel 5.11	Bobot masing-masing parameter dan sub-parameter setelah dihitung dengan menggunakan metode AHP	199
Tabel 5.12	Foto dokumen beserta lokasi-lokasi kejadian longsor	201
Tabel 5.13	Nilai RMSE dan <i>best misfit</i> untuk dua lapis, tiga lapis, dan empat lapis dan nilai kecepatan gelombang $S$ ( $V_s$ ) beserta ketebalannya masing-masing pada lokasi 1 titik data L02 pada metode MASW	215
Tabel 5.14	Nilai $V_s$ , ketebalan lapisan, $V_p$ , densitas, rasio $V_p/V_s$ , rasio Poisson, modulus geser, modulus Young, dan $V_{s30}$ pada lokasi 4 titik data Q3 dengan metode MASW	217
Tabel 5.15	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 1a dengan metode MASW	252
Tabel 5.16	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 1b dengan metode MASW	253
Tabel 5.17	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 1c dengan metode MASW	254
Tabel 5.18	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada lokasi 1a dengan metode seismik refraksi	254
Tabel 5.19	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada lokasi 1b dengan metode seismik refraksi	255
Tabel 5.20	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada lokasi 1c dengan metode seismik refraksi	255
Tabel 5.21	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 2 dengan metode MASW	256
Tabel 5.22	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada lokasi 2 dengan metode seismik refraksi	257
Tabel 5.23	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 3 dengan metode MASW	258
Tabel 5.24	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada lokasi 3 dengan metode seismik refraksi	259
Tabel 5.25	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 4 dengan metode MASW	260
Tabel 5.26	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 5 dengan metode MASW	261

Tabel 5.27	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada lokasi 3 dengan metode seismik refraksi	261
Tabel 5.28	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada lokasi 6 dengan metode MASW	263
Tabel 5.29	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada lokasi 3 dengan metode seismik refraksi	264
Tabel 5.30	Hubungan nilai-nilai $V_s$ , densitas, rasio Poisson, modulus geser, modulus Young (sifat fisis batuan) dengan jenis tanah (litologinya) pada beberapa lokasi penelitian dengan metode MASW	265
Tabel 5.31	Hubungan nilai-nilai kecepatan gelombang $P$ ( $V_p$ ) dan ketebalan lapisan lapuk pada beberapa lokasi penelitian dengan metode seismik refraksi	266
Tabel 5.32	Hasil uji kadar air ( $W_N$ ), berat spesifik atau berat jenis ( <i>specific gravity</i> , $G_s$ ), densitas kering ( $\rho_d$ ), densitas bulk ( $\rho_b$ ), pengujian batas-batas Atterberg, uji distribusi ukuran butir tanah ( <i>grain size</i> ), dan klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS	269
Tabel 5.33	Nilai sudut gesek dalam tanah dan nilai kohesinya pada sampel-sampel terpilih	271
Tabel 5.34	Perhitungan nilai kestabilan lereng pada lokasi 1, lokasi 3, dan lokasi 6	275

## DAFTAR LAMPIRAN

		halaman
Lampiran I	Sistem Klasifikasi Tanah Menurut USCS	300
Lampiran II	Sinyal Hasil Rekaman Mikrotremor	303
Lampiran III	Spektrum HVSr	315
Lampiran IV	Nilai-Nilai Reliabilitas Data Mikrotremor dengan Menggunakan Metode HVSr	325
Lampiran V	Penentuan Potensi Longsor dengan Menggunakan Metode Pembobotan Statistik <i>Analitycal Hierarchy Process</i> (AHP)	332
Lampiran VI	Data <i>Shot Gather</i> Metode MASW	354
Lampiran VII	Hasil Pengolahan Data Metode MASW	367
Lampiran VIII	Data <i>Shot Gather</i> Metode Seismik Refraksi dan Hasil Pengolahannya	399
Lampiran IX	Hasil Analisis Sampel Tanah	412
Lampiran X	Naskah Publikasi	443

## ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

### Simbol

$\overline{V_s}$	Cepat rambat gelombang geser rata-rata
$\Delta$	Jarak episenter
$\Delta h$	Perubahan panjang
$A$	Amplitudo getaran tanah
$A_0$	Puncak spektrum atau faktor amplifikasi
$b$	Panjang alas gelincir
$c$	Kohesi
$CI$	Indeks konsistensi
$CR$	<i>Consistency ratio</i>
$d_i$	Ketebalan lapisan ke- $i$
$E_{RW}$	Efek gelombang <i>Rayleigh</i>
$E_s$	Energi gempa
$\varepsilon$	<i>Strain</i>
$f_0$	Frekuensi resonansi atau frekuensi dominan
$G$	Modulus geser
$G_s$	<i>Specific gravity</i>
$H$	Tebal tanah arah vertikal
$h$	Kedalaman gempa atau tinggi
$H_B$	Komponen horizontal rekaman gelombang seismik di singkapan batuan keras
$H_c$	Ketebalan tanah pada kondisi kritis
$H_S$	Komponen horizontal rekaman gelombang seismik di permukaan lapisan bawah permukaan
$k$	<i>Stiffness ratio</i>
$K_c$	Faktor keamanan kritis
$K_g$	Indeks kerentanan seismik
$LL$	<i>Liquid limit</i> , batas cair
$M_0$	<i>Fundamental mode</i>
$M_1$	<i>Higher mode</i>
$m_b$	Magnitudo gelombang badan
$M_D$	Magnititudo <i>duration</i>
$M_E$	Magnitudo energi
$m_L$	Magnitudo lokal
$M_o$	<i>Seismic moment</i>
$M_s$	Magnitudo gelombang permukaan
$M_w$	Magnitudo momen
$N$	Gaya normal
$PI$	<i>Plasticity index</i> , indeks plastisitas
$PL$	<i>Plastic limit</i> , batas plastis
$R$	Jarak hiposenter
$SE$	<i>Site effect</i>



$T$	Periode getaran
$T_a$	Gaya penggerak
$T_G$	Periode dominan tanah titik pengamatan
$T_r$	Gaya penahan
$V_B$	spektrum komponen vertikal di batuan dasar
$V_p$	Gelombang $P$
$V_s$	Gelombang $S$
$V_S$	spektrum komponen vertikal di permukaan
$V_{s30}$	Kecepatan gelombang $S$ sampai pada kedalaman 30 m
$V_{si}$	Kecepatan gelombang geser pada lapisan ke- $i$
$W$	Berat benda
$w$	Kadar air
$\alpha$	Sudut kemiringan bidang gelincir/lereng
$\alpha_{max}$	Percepatan getaran tanah maksimum
$\gamma$	Regangan geser tanah
$\rho_b$	Bulk density (densitas bulk), berat volume tanah lembab
$\rho_d$	Dry density (densitas kering)
$\sigma$	Tegangan normal
$\sigma$	<i>Stress</i>
$\tau$	Tegangan geser
$\varphi$	Sudut gesek dalam

## Singkatan

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
AHP	<i>Analitycal Hierarchy Process</i>
BIG	Badan Informasi Geospasial
BMKG	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
BPS	Padan Pusat Statistik
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
ERT	<i>Electrical Resistivity Tomography</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
FS	<i>Factor of safety</i> (faktor aman)
FS	<i>Factor of safety</i> (faktor keamanan/kestabilan)
GIS	<i>Geography Information System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HVSR	<i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>
ISC	<i>International Seismological Center</i>
MADM	<i>Multi Attribute Decision Making</i>
MASW	<i>Multichannel Analysis of Surface Wave</i>
MMI	<i>Modified Mercalli Intensity</i>

Pemkab	Pemerintah Kabupaten
PGA	<i>Peak Ground Acceleration</i>
PSHA	<i>Probablistic Seismic Hazard Analysis</i>
PVMBG	Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi
RMSE	<i>Root mean square error</i>
RTRW	Rencana Tata Ruang dan Wilayah
SASW	<i>Spectral Analysis of Surface Wave</i>
SEG	<i>Society Exploration Geophysicsts</i>
SESAME	<i>Site Effects Assesment using Ambient Excitation</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SSS	Sistem Sesar Sumatra
SVD	<i>Second Vertical Derivative</i>
UBC	<i>Uniform Building Code</i>
USCS	<i>Unified Soil Classification System</i>
USGS	<i>United States Geological Service</i>