DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
PERNYATAAN iv
LEMBAR PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL xviii
ABSTRAK xx

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Penelitian terdahulu 5
2.2 Keaslian Penelitian 15

BAB III DASAR TEORI
3.1 Gempa bumi 18
3.1.1 Pengertian gempa bumi 18
3.1.2 Jenis-jenis gempabumi 19
3.1.3 Parameter gempabumi 20

3.1.4 Gelombang Seismik 21
3.2 Kondisi geologi dan kegempaan Regional 23
3.2.1 Kondisi geologi Yogyakarta 23
3.2.2 Sejarah kegempaan Yogyakarta 26
3.3 Mikrotremor dan HVSR 27
3.3.1 Mikrotremor 27
3.3.2 Prinsip dasar metode *Horisontal to Vertical Spectral Rasio* 28
3.4 Site Effect 30
3.5 Faktor Amplifikasi spektrum tanah (*Ag*) 32
3.6 Frekuensi resonansi tanah (*fg*) dan Periode dominan tanah (*Ag*) 33
3.7 Ketebalan Sedimen Tanah 34
3.8 Indek Kerentanan seismik (K_g) 35
3.9 Percepatan Puncak Tanah (*Peak Ground Acceleration* / PGA) 36
3.10 PGA dengan *Non Liniear Earthquake Site Respone Analysis* NERA 39
3.11 *Ground Motion Syntetic* 41
3.12 Karakteristik Dinamik Tanah 43
3.12.1 Kecepatan Gelombang Geser (v_s) 44
3.12.2 Modulus Geser Tanah (*G*) 45
3.12.3 Regangan Geser Tanah (*Ground shear-strain*) 48
3.13 Inversi/Pemodelan Kurva HVSR 51

BAB IV DATA DAN METODOLOGI

4.1 Lokasi Penelitian 52
4.2 Peralatan dan Teknik Pengumpulan Data 52
4.2.1 Peralatan 52
4.2.2 Teknik Pengumpulan Data 54
4.3 Pengolahan Data 54
4.3.1 Pengolahan Data Mikrotremor 54
4.3.1.1 Perhitungan data frekuensi dominan (fo), Faktor amplifiksi (Ag) dan Periode Dominan 55
4.3.1.2 Perhitungan ketebalan Sedimen 57

4.3.1.3 Perhitungan Indeks Kerentanan Seismik 58
4.3.2 Perhitungan Nilai Perceptan Tanah Maksimum 58
4.3.3 Perhitungan Nilai Karakteristik Dinamik Tanah 59
4.3.3.1 Perhitungan Nilai Kecepatan Gelombang Geser 59
4.3.3.2 Perhitungan Nilai Vs30 62
4.3.3.3 Perhitungan Nilai Modulus Geser 62
4.3.3.4 Perhitungan Regangan Geser Horizontal 62
4.3.4 Hubungan Magnitudo, PGA, Modulus Geser Tanah dan Regangan Geser Tanah 62
4.3.5 Kondisi Bawah Permukaan 63
4.3.6 Peta Kerentanan Seismik 63
4.4 Diagram Alir Penelitian 63

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengolahan Data 65
5.1.2 Topologi Kurva HVSR 73
5.1.3 Peta Sebaran Nilai Faktor Amplifikasi Spektrum Tanah 78
5.1.4 Peta Sebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah 80
5.1.5 Peta Ketebalan Sedimen di Kota Yogyakarta 82
5.1.6 Peta Sebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik 85
5.2 Analisis Percepatan Puncak Tanah (*Peak Groun Acceleration*) 90
5.2.1 Penentuan PGA Berdasarkan SNI 1726-2002 90
5.2.2 PGA Berdasarkan Rumusan Atenuasi Champbel 1989 91
5.2.3 PGA Berdasarkan Data Mikrotremor 94
5.2.4 PGA dan Regangan Tanah (*Ground Shear Strain*) Perlapisan 96
5.2.4.1 Analisis Spectral Matching untuk wilayah Kota Yogyakarta. 97
5.2.5 PGA Perlapisan 101
5.3 Parameter Dinamik Tanah 107
5.3.1 Kecepatan Gelombang Sekunder (v_s) 107
5.3.1.1 v_s dari *seismic down hole* 107
5.3.1.2 v_s dari replikasi 108

5.3.1.3 v_s dari Persamaan Korelasi N-SPT 111
5.3.1.4 v_s dari Inversi Kurva HVSR Mikrotremor 112
5.3.2 Nilai Modulus Geser (*G*)..... 114
5.3.2.1 Nilai Modulus Geser (*G*) dari Kecepatan Gelombang Geser 115
5.3.3 Regangan Geser Tanah (γ)..... 121
5.3.4. Hubungan Indeks Kerentanan Seismik (K_g), Regangan Geser (γ) dan Percepatan Tanah (α) 126
5.3.5 Tingkat Kerentanan Seismik di Wilayah Kota Yogyakarta .. 126
5.4 Kondisi Bawah Permukaan Wilayah Kota Yogyakarta 129

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN
6.1 Kesimpulan 134
6.2 Saran 135

DAFTAR PUSTAKA 136

DAFTAR TABEL

Hal

Tabel 2.1 Rangkuman beberapa penelitian terdahulu…..... 16

Table 3.1 Nilai-nilai Konstanta atenuasi Boore et.al 31

Tabel 3.2 Rekomendasi nilai kecepatan gelombang geser rata-rata untuk digunakan dalam fungsi atenuasi Boore et.al ..... ……..39

Tabel 3.3 Sejarah gempa merusak di Yogyakarta..... 51

Tabel 5.1 Contoh parameter hasil inversi HVSR titik A7 70

Tabel 5.2. Klasifikasi Tanah menurut SNI-1726-2002..... 90

Tabel 5.3 Percepatan batuan dasar dan percepatan puncak tanah/batuan dasar untuk setiap zona seismik dan jenis tanah di Indonesia 91

Tabel 5.4. Input soil profil titik uji Malangan..... 101

Tabel 5.5. Input soil profil titik uji Sorosutan..... 102

Tabel 5.6 Hasil perhitungan *Peak Ground Acceleration* (PGA) dalam g pada permukaan tanah dari masing-masing titik uji dari masing-masing *input motion.* 102

Tabel 5.7 Kecepatan gelombang sekunder (v_s) *Seismic Downhole* di Malangan dan Sorosutan (PUP-ESDM DIY, 2010).. 108

Tabel 5.8 Kecepatan gelombang geser (v_s) replikasi 110

Tabel 5.9 Kecepatan gelombang geser rumusan Imai and Tonouchi 1982 .. 112

Tabel 5.10 *Gmax* pada tiap kedalaman di Sorosutan dari v_s *downhole logging*..... 117

Tabel 5.11 *Gmax* pada tiap kedalaman di Malangan dari v_s *downhole logging*..... 117

Tabel 5.12 *Gmax* pada tiap kedalaman di Sorosutan dengan v_s dari NSPT.. 117

Tabel 5.13 *Gmax* pada tiap kedalaman di Malangan dengen v_s dari NSPT.. 119

Tabel 5.12 Nilai *strain* dan dinamika tanah (Ishihara,1982) 123

Tabel 5.13 Hasil perhitungan *shear strain* dalam % pada permukaan tanah dari masing-masing titik uji dari masing-masing *input motion*.... 123

Tabel 5.14 Klasifikasi *Kg*..... 127

Tabel 5.15 Klasifikasi PGA Kanai 127
Tabel 5.16 Klasifikasi regangan geser Champbel 127
Tabel 5.18 Klasifikasi Vs30 127
Tabel 5.19. Hasil uji bor di Auditorium Sanata Dharma Yogyakarta 132
Tabel 5.20. Hasil Uji bor di titik Hotel Hartono Mall 133

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 2.1 Agihan frekuensi resonansi di graben Bantul 6
Gambar 2.3 Peta tingkat kerawanan bahaya gempa bumi 7
Gambar 2.3 Peta Indek kerentanan seismik kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang..... 8
Gambar 2.4. Peta Persebaran spasial indeks kerentanan seismik berdasarkan mikrotremor di zona graben Bantul 9
Gambar 2.6 Peta 3D sebaran nilai v_s wilayah Surabaya 11
Gambar 2.7 Peta distribusi indeks kerentanan seismik dan data kerusakan di Mexico City 12
Gambar 2.8 Peta distribusi indeks kerentanan seismik dan data kerusakan di Intramuros Manila Filipina 13
Gambar 2.9 Profil 1-D kecepatan gelombang sekunder di beberapa titik ukur hasil inversi kurva H/V di Khas Iran..... 14
Gambar 2.10. Model v_s dari inversi kurva H/V di Jammu City India..... 15
Gambar 3.1. Proses deformasi batuan yang menyebabkan terjadinya gempa bumi..... 19
Gambar 3.2 Gelombang Primer dan Gelombang Sekunder..... 22
Gambar 3.3 Gelombang Love dan Gelombang Rayleigh 23
Gambar 3.4 Karakteristik seismogram mikrotremor 24
Gambar 3.5. Ilustrasi prinsip metode HVSR mikrotremor 25
Gambar 3.6 Frekuensi resonansi f_o dan puncak spektrum A 25
Gambar 3.7 Model cekungan berisi material sedimen..... 28
Gambar 3.8 Model dua lapisan: *bedrock* dan sedimen 31
Gambar 3.9 Sistem perambatan satu dimensi 36
Gambar 3.10 Representasi skematik Sistem Model IM..... 37
Gambar 3.11 Hubungan *Gmax* dan Gsec..... 42

Gambar 3.12 Variasi harga regangan geser 43
Gambar 3.13 *Shear deformation of surface layer* 45
Gambar 3.14 Peta geologi lembar Yogyakarta 50
Gambar 4.1. Peta wilayah Penelitian dan rencana titik lokasi perekaman mikrotremor dan bor 53
Gambar 4.2. Seperangkat peralatan perekaman mikrotremor 54
Gambar 4.3. Tahap-tahap Metode HVSR 57
Gambar 4.4. Kurva HVSR 57
Gambar 4.5 Tampilan interface ModelHVSR 61
Gambar 4.6 Diagram Alir Penelitian 64
Gambar 5.1 Rekaman mikrotremor tiga komponen 66
Gambar 5.2 *Windowing* sinyal mikrotremor 66
Gambar 5.3. Kurva HVSR 67
Gambar 5.4 Inversi kurva HVSR 70
Gambar 5.5 Rekaman *waveform time history* percepatan tiga gempa 71
Gambar 5.6 Input data pada NERA 72
Gambar 5.7 Kurva HVSR dengan satu puncak jelas 74
Gambar 5.8 Kurva dengan dua puncak 75
Gambar 5.9 Kurva dengan puncak lebar 75
Gambar 5.10 Distribusi tipologi kurva HVSR 76
Gambar 5.11 Peta faktor amplifikasi tanah (A_g) 79
Gambar 5.12 Peta frekuensi dominan tanah (*fg*) 81
Gambar 5.13 Peta ketebalan sedimen 83
Gambar 5.14 Grafik frekuensi dominan dengan ketebalan sedimen 84
Gambar 5.15 Grafik frekuensi dominan dengan ketebalan sedimen penelitian Daryono 84
Gambar 5.16 Peta distribusi indek kerentanan seismik (*Kg*) 86
Gambar 5.17 Peta indeks kerentanan seismik Kabupaten Bantul dan Kota Yogyakarta 87
Gambar 5.18 Rasio kerusakan bangunan 88
Gambar 5.19 Peta Kg dan rasio kerusakan bangunan 89

Gambar 5.20 Peta percepatan puncak gempa (PGA) dibatuan dasar untuk probabilitas terlampaui10% dalam 50 tahun 92
Gambar 5.21 Peta distribusi atenuasi Campbell 1997… 93
Gambar 5.22 Peta distribusi atenuasi Kanai 1966 95
Gambar 5.23 Peta distribusi getaran (*shakemap*) USGS gempa Jogja 27 Mei 2006 96
Gambar 5.24 Spektrum Target..... 98
Gambar 5.25 Respon spektra aktual, desain dan target dari tiga gempa..... 99
Gambar 5.26 *Time history* desain tiga gempa..... 100
Gambar 5.27 Grafik profil PGA di titik tinjau Malangan..... 103
Gambar 5.28 Grafik profil PGA di titik tinjau Sorosutan..... 104
Gambar 5.29 Accelerogram amplifikasi di titik tinjau Malangan 105
Gambar 5.30 Accelerogram amplifikasi di titik tinjau Sorosutan 106
Gambar V.31Profil kecepatan gelombang sekunder 107
Gambar 5.32 Perbandingan korelasi v_s dengan N-SPT 109
Gambar 5.33 Distribusi kecepatan gelombang sekunder Replikasi 110
Gambar 5.34 Distribusi kecepatan gelombang geser Imai and Tonouchi 111
Gambar 5.35 Grafik rasio v_s *downhole* dan inversi kurva HVSR..... 113
Gambar 5.36 Peta distribusi Vs30 dari inveri kurva HVSR 114
Gambar 5.37 Parameter penentuan Modulus Geser titik Sorosutan 116
Gambar 5.38 Parameter penentuan Modulus Geser titik Malangan 116
Gambar 5.39 Grafik *Gmax* pada tiap kedalaman dari *Downhole* 118
Gambar 5.40 Grafik *Gmax* pada tiap kedalaman dari N-SPT..... 120
Gambar 5.41 Peta distribusi regangan geser tanah 122
Gambar 5.42 Grafik *maximum shear strain* di titik tinjau Malangan..... 124
Gambar 5.43 Grafik *maximum shear strain* di titik tinjau Sorosutan 125
Gambar 5.44 Peta Kerentanan seismik Kota Yogyakarta 129

DAFTAR LAMPIRAN

Hal

Lampiran 1. Data Pengukuran Lapangan L1
Lampiran 2. Data Lokasi titik ukur L2
Lampiran 3. Ketebalan Lapisan Sedimen L3
Lampiran 4. PGA Kanai L4
Lampiran 5. PGA Champbell L5
Lampiran 6. Perbandingan v_s L6
Lampiran 7. Kurva hasil ModelHVSR L7
Lampiran 8. Profil 1D inversi HVSR L8
Lampiran 9. Vs30 inversi HVSR L9
Lampiran 10. Tabel N-SPT dari titik Bor L10
Lampiran 11. Tabel v_s dari N-SPT Replikasi dan Imai and Tonouchi L11
Lampiran 12. Ringkasan Hasil Uji mekanika tanah L12
Lampiran 13 Data Bor L13
Lampiran 14. Kontur indeks kerentanan seismik (*Kg*) L14
Lampiran 15. Kontur frekuensi dominan (*fo*) L15

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

a_b	Percepatan getaran di *bedrock*
A_g	Faktor amplifikasi spektrum tanah (nilai puncak kurva HVSR)
A_{gd}	Faktor perbesaran *displacement*
A_{gk}	Faktor perbesaran kecepatan getaran
A_{ga}	Faktor perbesaran cepatan getaran
A_m	Simpangan Maksimum
a_s	Percepatan getaran di *surface*
Δ	Jarak hipocenter
d_b	*Displacement* di *bedrock*
d_s	*Dispalcement* di *surface*
f_g	Frekuensi dominan tanah
G	Modulus geser tanah
G_{max}	Modulus geser maksimum
G_{sec}	Secant shear modulus
$G(T)$	Faktor perbesaran/amplifikasi
γ	*Ground shear strain*
γ_c	*Cyclic ground shear starin*
h	Ketebalan sedimen
k_b	Kecepatan getaran di *bedrock*
K_g	Indek kerentanan seismik
k_s	Kecepatan getaran di *surface*
λ	Panjang gelombang
M	Magnitudo
η	Viskositas
S_{HS}	Spektra fourier komponen horisontal di *surface* (tanah permukaan)
S_{HB}	Spektra fourier komponen horisontal di *bedrock*

S_{VB}	Spektra fourier komponen vertikal di *bedrock*
τ_c	*Cyclic shear stress*
t	Waktu
T	Periode
T_g	Periode dominan tanah
T_H	Fungsi transfer gelombang SH dari bedrock ke lapisn tanah permukaan
T_m	Periode maksimum
v_p	Kecepatan gelombang Primer
v_s	Kecepatan gelombang Sekunder
v_{sb}	Kecepatan gelombang Sekunder di *bedrock*
v_{ss}	Kecepatan gelombang Sekunder di *surface*
$Vs30$	Kecepatan rata-rata gelombang sekunder sampai kedalaman 30 meter
ρ	Densitas
ξ	Damping ratio
z	Kedalaman