ANALISIS *GROUND SHEAR STRAIN* UNTUK MENENTUKAN POTENSI LONGSOR DI KELURAHAN GAJAHMUNGKUR KOTA SEMARANG

Skripsi
disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

Oleh

Ana Zuyyinatul Fikriyah

4211413039

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2017

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul "Analisis *Ground Shear Strain* untuk Menentukan Potensi Longsor di Kelurahan GajahmungkurKota Semarang" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 16 Agustus 2017

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Khumaedi,M.Si.	Drs. Ngurah Made Darma P., M.Si.
NIP.196306101989011002	NIP.196702171992031002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Skripsi ini yang berjudul "Analisis *Ground Shear Strain* untukMenentukan Potensi Longsordi Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang" disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Semarang, 16Agustus 2017

Penulis

Ana Zuyyinatul Fikriyah

4211413039

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Analisis *Ground Shear Strain*untuk Menentukan Potensi Longsor di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang

disusun oleh

Ana Zuyyinatul Fikriyah

4211413039

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 16 Agustus 2017

Panitia:

Ketua	Sekretaris
Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si.,Akt.	Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP. 19641223 198803 1 001	NIP. 19680714 199603 1 005

Ketua Penguji

Dr. Budi Astuti, M.Sc.

NIP.197902162005012001

Anggota Penguji / Pembimbing Utama	Anggota Penguji / Pembimbing Pendamping
Dr. Khumaedi,M.Si.	Drs. Ngurah Made Darma P., M.Si.
NIP.196306101989011002	NIP.196702171992031002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

- *No the first but the best.*
- Jangan membenci jika tidak bisa menyukai

PERSEMBAHAN :

- Allah SWT atas semua kenikmatan yang telah Engkau berikan kepada hamba dan keluarga.
- Kedua orang tuaku yaitu Abah H.A. Mukhlisin dan Umi Hj. Mukhlisoh, ketiga adikku yaitu Wildan, Sayla, dan Kanza yang selalu mendukung, memberikan semangat, dankasihsayangnya serta pengorbanan dan perjuangan yang begitu besar.
- A. Azis Miftasarifudin yang selalu mendukung, memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan Skripsi.
- Dosenpembimbing, seluruh keluarga besar Fisika 2013, dan teman-teman yang selalu memberi doa, semangat, dan dukungan.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberi kemudahan dalam melaksanakan penelitian maupun penyusunan skripsi dengan judul "Analisis *Ground Shear Strain* untuk Menentukan Potensi Longso rdi Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang". Serangkaian proses yang dimulai dari penyusunan proposal, seminar proposal, penelitian, dan penyusunan skripsi merupakan penerapan ilmu yang telah dipelajari selama menempuh perkuliahan. Dalam pelaksanaannya, penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman M.Hum., selaku rektor Universitas Negeri Semarang, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studinya.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si.,Akt., selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, atas izin yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., selakuketua Jurusan Fisika, atas kemudahan administrasi dalam menyelesaikan skripsi.
4. Dr. Khumaedi, M.Si.,selaku dosen pembimbing I dan Drs. Ngurah Made Darma P., M.Si., selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
5. Dr. Budi Astuti, M.Sc., selaku dosen penguji, atas saran dan masukan yang membangun dalam penyempurnaan skripsi ini.

6. Bapak dan Ibu dosen, atas ilmu yang diberikan selama masa perkuliahan.
7. Dr. Putut Marwoto, M.S., selaku coordinator penulisan skripsi, Dr. Masturi, M.Si., selaku sekretaris jurusan, dan Ibu Tri Widiastuti, selaku staf tata usaha jurusan fisika yang telah membantu kelancaran dalama dministrasi penyusunan skripsi.
8. Drs. R. Djati Prijono, M.Si., selaku kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kota Semarang yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di Kelurahan Gajahmungkkur Kota Semarang.
9. Abah, umi, dan adik-adik tercinta atas doa dan dukungannya.
10. Tim Eksplorasi (Ifan, Ikhsan, Nur Priantini, Mitha, Trian, Vita dan teman-teman lainnya) yang telah bekerja keras dalam membantu pelaksanaan penelitian serta keluarga besar KSGF UNNES, atas semangat dan dukungannya.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi, yang tidak dapat disebutka nsatu per satu.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menyempurnakan skripsi ini dengan berbagai perbaikan.

Semarang, 16 Agustus 2017

Penulis

Ana Zuyyinatul Fikriyah

4211413039

ABSTRAK

Zuyyinatul Fikriyah, A. 2017.*Analisis Ground Shear StrainuntukMenentukan Potensi Longsordi Kelurahan GajahmungkurKota Semarang*.Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Khumaedi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Ngurah Made Darma P., M.Si.Ph.D.

Kata Kunci : Indeks Kerentanan Gempa, Percepatan Tanah Maksimum, Mikroseismik, *Ground Shear Strain*, Longsor.

Kelurahan Gajahmungkur berdasarkan parameter kemiringan lereng dan struktur geologi termasuk dalam kategori wilayah yang memiliki potensi longsor. Penelitian bahaya longsor akibat gempa bumi di zona lemah dapat dilakukan dengan menggunakan analisis *ground shear strain* (GSS). Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi terkait dengan potensi bencana longsor di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang.Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode mikroseismik.Area penelitian 42.000 m^2 yang terdiri dari 12 titik dan 3 lintasan.Pengolahan data dilakukan menggunakan *Software Geopsy* dan *Software Surfer.*Hasil penelitian diolah hingga didapatkan nilai indeks kerentanan tanah, nilai percepatan tanah maksimum, dan nilai *ground shear strain.* Hasil analisis data menunjukan bahwa daerah penelitian dititik 9, titik 10, dan titik 12 memiliki nilai kerentanan gempa yang jauh lebih tinggi dibanding dengan titik yang lainnya sehingga nilai *ground shear strain* di ketiga titik tersebut juga tinggi. Nilai *ground shear strain* yang didapatkan berada pada orde 10^{-4} maka sifat dinamis yang terjadi di titik-titik penelitian memiliki karakter plastis.Karakter plastis ini mencirikan daerah tersebut berpotensi longsor.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL ……...……. i

PERSETUJUAN PEMBIMBING ……. ii

HALAMAN PERNYATAAN …….. iii

HALAMAN PENGESAHAN…… iv

MOTTO DAN PERSEBAHAN …… v

KATA PENGANTAR …… vi

ABSTRAK ……. viii

DAFTAR ISI ..……..….. ix

DAFTAR TABEL ..……..…. xiv

DAFTAR GAMBAR ..…… xv

DAFTAR LAMPIRAN …….. xvii

BAB

1. PENDAHULUAN ……..... 1

1.1 Latar Belakang Pelaksanaan …… 1

1.2 Rumusan Masalah ……. 5

1.3 Tujuan …….. 5

1.4 Batasan Masalah …..……. 5

1.5 Manfaat ……. 6

1.6 Penegasan Istilah …… 6

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi ……..…….. 7

2. TINJAUAN PUSTAKA …..…… 8

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.1 Tanah Longsor ..……...…. 9

2.1.1 Jenis-jenis Tanah Longsor ..…….…. 10

2.1.1.1 Longsoran Translasi ……..... 10

2.1.1.2 Longsoran Rotasi..……..…… 10

2.1.1.3 Pergerakan Blok ……...…… 11

2.1.1.4 Runtuhan Batu ..……...……..... 11

2.1.1.5 Rayapan Tanah ..……..... 11

2.1.1.6 Aliran Bahan Rombakan ..……..... 12

2.1.2 Penyebab Tanah Longgsor ...……..... 13

2.2 Gelombang Seismik ...…….….. 14

2.2.1 Gelombang Badan (*Body Wave)* ..…… 15

2.2.1.1 Gelombang P …….…… 15

2.2.1.2 Gelombang S ……...…….……. 16

2.2.2 Gelombang Permukaan (*Surface Wave*) …….…….. 17

2.2.2.1 Gelombang Rayleigh ……..……... 17

2.2.2.2 Gelombang Love …….…...….. 18

2.3 Gempa Bumi ……..…...…..... 18

2.3.1 Parameter Sumber Gempa Bumi …….……...….. 19

2.3.1.1 Episenter …….…...……... 19

2.3.1.2 Hiposenter …….……..……. 19

2.3.1.3 Magnitudo Gempa ..……. 19

2.3.1.4 Intensitas Gempa ……. 19

2.4 Mikroseismik …….. 20

2.4.1 Mikroseismik pada Tanah.……..……..…… 20

2.4.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) ..…….. 21

2.4.2.1 Analisis Frekuensi Domain …….……. 24

2.4.2.2 Analisis Periode Dominan ……..……..… 25

2.4.2.3 Ketebalan Lapisan Sedimen (*h*) ……..…….. 26

2.5 Indeks Kerentanan Seismik ……..……..... 27

2.6 Percepatan Tanah Maksimum atau *Peak Ground Acceleration* ……. 28

2.7 Ground Shear Strain ...……..…… 30

2.8 Kondisi Geologi Daerah Penelitian ……. 32

3. METODOLOGI ...……. 37

3.1 Rancangan Penelitian …….. 37

3.2 Desain Lokasi Penelitian ……. 37

3.3 Perlengkapan Penelitian …….. 38

3.4 Langkah Penelitian …….. 40

3.5 Akuisisi Data ……... 41

3.6 Pengolahan Data.……..... 42

3.7 Interpretasi Data ……. 43

4. HASIL DAN PEMBAHASAN ……. 44

4.1 Hasil Penelitian …… 44

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

4.1.1 Nilai Frekuensi Dominan dan Amplifikasi ……. 45

4.1.1.1 Frekuensi Dominan …… 46

4.1.1.2 Amplifikasi Dominan ……. 48

4.1.1.3 Ketebalan Lapisan Sedimen (*h*) ……. 49

4.1.2 Indeks Kerentanan Seismik (Kg) ……... 50

4.1.3 Percepatan Tanah Maksimum atau *Peak Ground Acceleration* … 51

4.1.3.1 Percepatan Tanah Maksimum berdasarkan Sumber Gempa BumiTegal ……..... 52

4.1.3.2 Percepatan Tanah Maksimum berdasarkan Sumber Gempa Bumi Jepara ……..…….…. 53

4.1.3.3 Percepatan Tanah Maksimum berdasarkan Sumber Gempa Bumi Yogyakarta ...…… 55

4.1.4 Potensi Longsor berdasarkan Analisis *Ground Shear Strain* …… 57

4.1.4.1 Potensi Longsor berdasarkan Analisis *Ground Shear Strain* denganPercepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Tegal ……... 58

4.1.4.2 Potensi Longsor berdasarkan Analisis *Ground Shear Strain* denganPercepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Jepara ..……..…. 60

4.1.4.3 Potensi Longsor berdasarkan Analisis *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Yogyakarta…… 62

4.2 Pembahasan ……. 63

5. PENUTUP 66

5.1 Simpulan ……..... 66

5.2 Saran …….. 67

DAFTAR PUSTAKA ……. 68

LAMPIRAN – LAMPIRAN …… 71

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

Tabel 2.1Tabel Kalisifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikroseismik Oleh Kanai …..…….. 25

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Kanai – Omote – Nakajima ……...…..... 26

Tabel 2.3 Intensitas Gempa Bumi Skala MMI Korelasi PGA-MMI …….. 30

Tabel 2.4 Fenomena yang terjadi pada tanah berdasarkan nilai regang geser tanah...…… 32

Tabel 4.1 Data Ketebalan Lapisan Sedimen ……..….. 49

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

Gambar 1.1 Peta Kelerengan Kecamatan Gajahmungkur Kota Semarang ... 3

Gambar 2.1 Longsoran Translasi …….. 10

Gambar 2.2 Longsoran Rotasi …….. 10

Gambar 2.3 Pergerakan Blok ……..... 11

Gambar 2.4 Runtuhan Batu..……. 11

Gambar 2.5 Rayapan Tanah……..…. 12

Gambar 2.6 Aliran Bahan Rombakan…… 12

Gambar 2.7Gerakan partikel gelombang P sejajar dengan arah rambatannya …….. 16

Gambar 2.8 Gerakan partikel gelombang S tegak lurus dengan arah penjalaran gelombang……. 16

Gambar 2.9 Gerakan partikel gelombang Rayleigh yang terjadi akibat perubahan timbal balik dari gelombang P dan gelombang S…. 18

Gambar 2.10 Gerakan partikel gelombang Love ..…… 18

Gambar 2.11 Deskripsi Komputasi Metode HVSR..……. 22

Gambar 2.12 Kurva HVSR dimana sumbu *y* menunjukkan nilai amplifikasidan sumbu *x* menunjukkan nilai frekuensi dominan ……. 24

Gambar 2.13 Peta geologi lembar Magelang - Semarang .....……..……... 33

Gambar 3.1 Desain survei lokasi penelitian ..……...……... 38

Gambar 3.2 Skema langkah penelitian …… 40

Gambar 4.1 Kurva H/V di Titik 12 …….. 45

Gambar 4.2 Peta Kontur Frekuensi Dominan di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang ……. 46

Gambar 4.3 Peta Kontur Amplifikasi Dominan di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang …… 48

Gambar 4.4 Peta Kontur Indeks Kerentanan Seismik (k_g) di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang …… 50

Gambar 4.5 Peta Kontur Percepatan Tanah Maksimum berdasarkan Sumber Gempa Bumi Tegal di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang ……. 53

Gambar 4.6 Peta Kontur Percepatan Tanah Maksimum berdasarkan Sumber Gempa Bumi Jepara di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang …….. 54

Gambar 4.7 Peta Kontur Percepatan Tanah Maksimum berdasarkan Sumber Gempa Bumi Yogyakarta di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang …….. 56

Gambar 4.8 Peta Kontur *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Tegal di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang ..……. 58

Gambar 4.9 Peta 3D *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Tegal di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang …… 59

Gambar 4.10 Peta Kontur *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Jepara di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang ……. 60

Gambar 4.11 Peta 3D *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Jepara di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang ……..... 61

Gambar 4.12 Peta Kontur *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Yogyakarta di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang …….. 62

Gambar 4.13 Peta 3D *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi Yogyakarta di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang ……. 63

Gambar 4.15 Gambar 3D *Ground Shear Strain* dengan Percepatan Tanah Maksimum menggunakan Sumber Gempa Bumi (a) Tegal (b) Jepara (c) Yogyakarta di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang 64

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Kurva HVSR ……. 71
Lampiran 2. Data Penelitian …….. 73
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian ……. 74
Lampiran 4. SK pembimbing ……. 75
Lampiran 5. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana …… 76
Lampiran 6. Surat izin penelitian …… 77
Lampiran 7. Surat Rekomendasi Penelitian …… 78

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan potensi bencana yang tinggi. Hal ini dikarenakan letaknya yang berada di pertemuan tiga lempeng aktif, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Interaksi ketiga lempeng tersebut menyebabkan Indonesia menjadi wilayah yang memiliki aktivitas vulkanik dan kegempaan yang tinggi. Gaya endogen akibat dinamika lempeng juga membentuk relief permukaan bumi di Indonesia menjadi bervariasi, dari wilayah pegunungan berlereng curam yang berpotensi longsor hingga wilayah pantai dataran rendah landai yang berpotensi tsunami (bnpb, 2017).

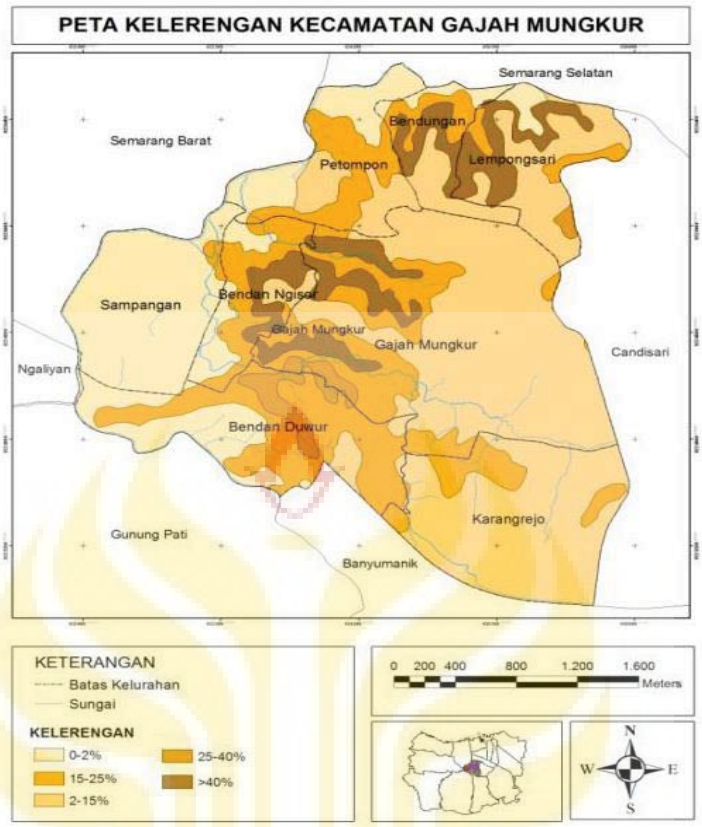
Kota Semarang memiliki luas wilayah 373,70 km^2, secara administratif terbagi menjadi 16 kecamatan dan 177 kelurahan. Terdapat 2 kecamatan yang mempunyai wilayah terluas yaitu Kecamatan Mijen, dengan luas wilayah 57,55 km^2 dan Kecamatan Gunungpati, dengan luas wilayah 54,11 km^2, sedangkan kecamatan yang mempunyai luas terkecil adalah Kecamatan Semarang Selatan, dengan luas wilayah 5,93 km^2 diikuti oleh Kecamatan Semarang Tengah, dengan luas wilayah 6,14 km^2. Kota Semarang sangat dipengaruhi oleh keadaan alamnya yang membentuk suatukota yang mempunyai ciri khas yaitu terdiri dari daerah perbukitan, dataran rendahdan daerah pantai. Dengan demikian topografi KotaSemarang menunjukkanadanya berbagai kemiringan tanah berkisar antara 0

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

persen sampai 40 persen(curam) dan ketinggian antara 0,75 – 348,00 mdpl (meter diatas permukaan laut) (Miladan, 2009).

Kecamatan Gajahmungkur merupakan salah satu kecamatan di Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah, dengan wilayah sebelah utara berbatasan dengan Semarang Selatan, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Banyumanik, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Candi Sari dan sebelah barat berbatasan dengan Semarang Barat. Luas wilayah Kecamatan Gajahmungkur mencapai 9,07 km^2.

Terjadinya longsor disuatu wilayah berbanding lurus atau berkorelasi dengan kontur wilayah. Parameter kemiringan lereng menjadi faktor utama terjadinya longsor itu sendiri. Hal ini dikarenakan kondisi lahan yang terlalu miring. Kecamatan Gajahmungkur berdasarkan pada RDTRK (Rencana Detail Tata Ruang Kota) Kota Semarang memiliki kemiringan berkisar antara 0% - 40% (Afandi, 2015). Pada presentasi kelerengan 2 – 15 % daerah tersebut masuk dalam kategori daerah yang landai pada Gambar 1.1 berwarna kuning muda, presentasi kelerengan 15 – 25 % masuk dalam kategori daerah bergelombang pada Gambar 1.1 berwarna orange muda, presentasi kelerengan 25 – 40 % masuk dalam kategori daerah curam pada Gambar 1.1 berwarna orange tua, sedangkan untuk presentasi kelerengan > 40 % masuk dalam kategori daerah yang sangat curam pada Gambar 1.1 berwarna cokelat. Hal ini terlihat dari gambar peta kelerengan kecamatan Gajahmungkur yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Peta Kelerengan Kecamatan Gajahmungkur Kota Semarang

Pada peta geologi lembar Magelang Semarang (Thaden*et al*., 1996), struktur geologi di Kelurahan Gajahmungkur termasuk dalam Formasi Damar dimana struktur batuannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi volkanik. Struktur ini merupakan salah satu penyebab daerah tersebut mempunyai jalur "lemah", sehingga daerahnya mudah tererosi dan terjadi gerakan tanah.

Struktur Geologi pada daerah ini terjadi akibat pengangkatan dan erosi. Pengangkatan dan erosi terjadi pada Formasi Damar dan Formasi Kaligetas. Struktur Geologi berupa Sesar mendominan di daerah Gajahmungkur. Sesar ini memiliki arah relatif utara-selatan (N 05°E-N 185°E), yaitu melintas sepanjang Kali Garang. Sesar ini melintas dari utara mulai dari daerah Gajahmungkur sampai Gunung Swakul di bagian selatan. Kenampakan morfologi pada peta

berupa kelurusan gawir sesar maupun data-data di lapangan seperti zona hancur, *shear fractures* dan *gash fractures*, pembalikan kedudukan perlapisan batuan dan *drag fold* menunjukkan pergeseran litologi, dapat ditarik kelurusan bahwa struktur yang berkembang adalah sesar mendatar (Poedjoprajitno *et al*., 2008).

Berdasarkan parameter kemiringan lereng dan struktur geologi pada kelurahan Gajahmungkur merupakan daerah yang masuk dalam kategori wilayah yang memiliki potensi longsor.Penelitian bahaya longsor akibat gempa bumi di zona lemah dapat dilakukan dengan menggunakan analisis *ground shear strain* (GSS). Penelitian tersebut pernah diterapkan untuk menentukan efek tapak lokal di Gunung Tunggangan, Desa Sumber Brantas, Kota Batu. Penelitian tersebut dilakukan dengan menghitung nilai indeks kerentanan seismik yang didapatkan dari pengolahan data mikrotremor menggunakan metode *horizontal-to-vertical spectral ratio* (HVSR) (Warnana, *et al*., 2011). Selain indeks kerentanan seismik juga perlu dilakukan perhitungan percepatan tanah maksimum atau *peak ground acceleration* (PGA) (Dewi, 2013). Perhitungan PGA dapat dilakukan dengan menggunakan metode Kanai. Metode ini dinilai efektif dikarenakan mengkombinasikan parameter gempa bumi dengan karakteristik tanah di daerah penelitian (Febriani,*etal*,. 2013). Dengan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian " *Analisis Ground Shear Strain untuk Menentukan Potensi Longsor di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang* ".

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dituliskan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana nilai indeks kerentanan seismik di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang?
2. Bagaimana nilai percepatan tanah maksimum diKelurahan Gajahmungkur Kota Semarang?
3. Bagaimana potensi bencana tanah longsor di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarangberdasarkan analisis *ground shear strain*?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dengan dilaksanakannya Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai indeks kerentanan seismik di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang
2. Mengetahui nilai percepatan tanah maksimum di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang
3. Mengetahui potensi bencana tanah longsor di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarangberdasarkan analisis *ground shear strain.*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Penyebab tanah longsor yang kaji terkait jenis tanah di lokasi penelitian.

2. Data gempa yang digunakan dalam penentuan nilai percepatan tanah maksimum adalah data gempa Yogyakarta tahun 2006 dengan magnitude gempa 5,9 SR, data gempa Jepara tahun 2016 dengan magnitude gempa 5 SR, dan data gempa Tegal tauhun 2015 dengan magnitude gempa 5,1 SR.
3. Batas area penelitian 110.4019^0 BT sampai 110.4059^0 BT dan -7.0093^0 LU sampai -7.0139^0 LU.
4. Data yang digunakan terdiri dari 12 data mikrotremor untuk mewakili kawasan Watulawang Kel. Gajahmungkur Kec. Gajahmungkur Kota Semarang.

1.5 Manfaat

Manfaat dari dilaksanakannya Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil dari analisa *Ground Shear Strain* dapat digunakan sebagai masukan dalam perancangan rencana tata ruang dan wilayah Kelurahan Gajahmungkur Kota Semaranguntuk menentukan lokasi pemukiman yang aman terhadap bencana tanah longsor.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai upaya mitigasi tanah longsor di Kelurahan Gajahmungkur Kota Semarang.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

1.6 Penegasan Istilah

Pada penelitian ini untuk menghindari penafsiran yang berbeda terhadap beberapa istilah yang digunakan, maka diperlukan penegasan istilah sebagai berikut :

1. Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah yang bergerak ke bawah atau keluar lereng

2. Gempa bumi adalah goncangan tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi dari kerak bumi secara tiba-tiba
3. Mikrotremor adalah getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus menerus
4. Metode HVSR merupakan metode geofisika yang dapat memberikan informasi tentang nilai frekuensi dominan dan penguatan gelombang gempa
5. Ketebalan lapisan sedimen (h) merupakan ketebalan lapisan lunak pada lapisan permukaan tanah dibatuan dasar
6. Indeks kerentanan seismik (*Kg*) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi
7. Percepatan getaran tanah maksimum (PGA) adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi
8. *Ground shear strain* (GSS)merupakan kemampuan suatu material lapisan tanah untuk meregang atau bergeser saat terjadi gempa bumi.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Penulisan ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu: bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi.

1. Bagian awal skripsi berisi tentang halaman judul, persetujuan pembimbing, halaman pengesahan, pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan lampiran.

2. Bagian isi skripsi terdiri dari :

Bab I Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang pemilihan judul, rumusan masalah, tujuan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi.

Bab II Landasan teori terdiri dari kajian mengenai landasan teori yang mendasari penelitian.

Bab III Metode Penelitian berisi waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, desain penelitian, metode analisis serta interpretasi data, dan metode pengumpulan data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil-hasil penelitian dan pembahasannya.

Bab V Penutup berisi tentang kesimpulan dan saran.

3.Bagian akhir skripsi terdiri atas daftar pustaka dan lampiran.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah longsor yang terjadi pada suatu daerah dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya yaitu struktur geologi pada daerah tersebut. Analisis mikroseismik digunakan untuk karakterisasi suatu wilayah. Pada analisis mikroseismik digunakan metode HVSR, dari metode ini akan didapatkan nilai frekuensi natural dan amplifikasi di daerah penelitian. Nilai amplifikasi tinggi dan nilai frekuensi natural rendah maka pada daerah tersebut memiliki nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi. Data HVSR juga digunakan untuk mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum jika digabungkan dengan parameter gempa yag pernah terjadi didaerah tersebut. Menurut Nakamura (1997), Nilai indeks kerentanan seismik jika dikalikan dengan percepatan tanah maksimum yang telah di bagikan dengan nilai kecepatan gelombang geser di permukaan batuan, maka akan dihasilkan nilai regang geser tanah. Nilai regang geser tanah berbanding lurus dengan nilai indeks kerentanan seismik.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor secara umum adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah yang bergerak ke bawah atau keluar lereng.Secara geologi, tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan tanahbesar.

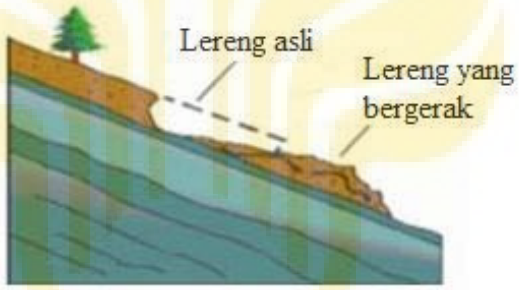
Pada prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan (Nandi, 2007).

2.1.1 Jenis-Jenis Tanah Longsor

"Nandi mengklasifikasikan tanah longsor menjadi enam jenis yaitu:

2.1.1.1 Longsoran Translasi

Jenis longsoran ini berupa gerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk merata atau menggelombang landai. Berikut ini adalah Gambar 2.1 tentang longsoran translasi.



Gambar 2.1 Longsoran Translasi (Nandi, 2007)

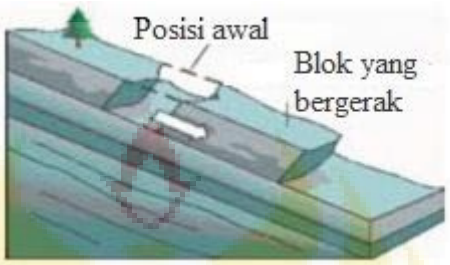
2.1.1.2 Longsoran Rotasi

Jenis ini merupakan bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Gambar 2.2 merupakan longsoran rotasi.

Gambar 2.2 Longsoran Rotasi (Nandi, 2007)

2.1.1.3 Pergerakan Blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu. Gambar 2.3 menunjukan gambar pergerakan blok.



Gambar 2.3 Pergerakan Blok (Nandi, 2007)

2.1.1.4 Runtuhan Batu

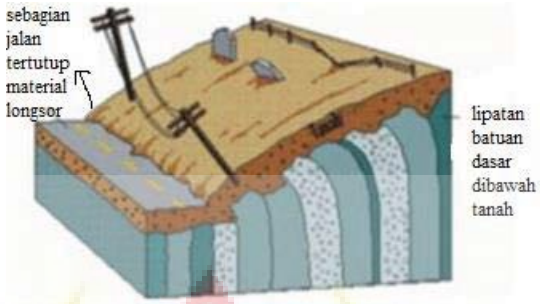
Runtuhan batuan terjadi ketika sejumlah besar batuan atau mineral lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Gambar 2.4 merupakan runtuhan batu.

Gambar 2.4 Runtuhan Batu (Nandi, 2007)

2.1.1.5 Rayapan Tanah

Rayapan tanah adalah jenis longsor yang bergerak lambat.Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenal.Setelah waktu yang cukup lama, longsor jenis rayapan ini bisa

menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon atau rumah miring ke bawah. Gambar 2.5 adalah gambar rayapan tanah.



Gambar 2.5 Rayapan Tanah (Nandi, 2007)

2.1.1.6 Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika masa tanah bergerak didorong oleh air.Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air serta jenis materialnya.Gerakan terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa mencapai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Gambar 2.6 menunjukan gambar aliran bahan rombakan.

Gambar 2.6 Aliran Bahan Rombakan (Nandi, 2007)

Menurut Effendi (2008), faktor penyebab tanah longsor secara alamiah maupun karena aktivitas manusia. Faktor aktivitas manusia yang dapat berpengaruh yaitu kegiatan pertanian, pembebanan lereng, pemotongan

lereng, dan penambangan. Sedangkan penyebab alamiah yaitu morfologi permukaan bumi, penggunaan lahan, litologi, struktur geologi, dan kegempaan.

2.1.2 Penyebab Tanah Longsor

Gejala umum tanah longsor ditandai dengan munculnya retakan-retakan dilereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba dan tebing rapuh serta kerikil mulai berjatuhan. Faktor penyebabnya antara lain :

(1) Lereng Terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 1800 apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

(2) Ketinggian

Semakin tinggi maka semakin besar potensi jatuhnya tanah.

(3) Curah Hujan

Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air dipermukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup kebagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengambang kembali dan dapat menyebabkan terjadinya longsor bila tanah tersebut terletak pada lereng yang terjal.

(4) Jenis Tanah

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dari sudut lereng lebih dari 220. Tanah jenis ini memiliki potensi terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat retan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

(5) Penggunaan Lahan

Tanah longsor sering terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan dan adanya genangan air dilereng yang terjal.Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor.Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsoran yang dalam dan umumnya terjadi didaerah longsoran lama.

2.2 Gelombang Seismik

Gelombang merupakan fenomena alam dimana terjadi perambatan atau usikan atau energi dari suatu sumber ke titik-titik lain. Gelombang seismik adalah gelombang-gelombang yang merambat baik di dalam maupun di permukaan bumi yang berasal dari sumber seismik. Sumber seismik dapat berupa gempa dimana terjadi batuan pecah secara tiba-tiba di dalam bumi, ledakan (proses kimia dan nuklir), erupsi gunung api, longsoran, badai, dentuman pesawat supersonik dan sebagainya. Gelombang seismik termasuk gelombang mekanik, dimana medium dibutuhkan dalam perambatannya dan

partikel dari medium tersebut berosilasi ketika gelombang melewatinya (Afnimar, 2009).Gelombang seismik terdiri dari dua jenis gelombang, yaitu *body wave* dan *surface wave*.

2.2.1 Gelombang Badan (*Body Wave*)

Gelombang badan (*body wave*) dapat menjalar melalui internal medium elastik solid.

Gelombang badan dibagi menjadi 2 yaitu gelombang P dan gelombang S (Kearey, *et al,*. 2002).

2.2.1.1 Gelombang P

Gelombang P disebut juga gelombang longitudinal merupakan gelombang seismik yang memiliki cepat rambat yang paling cepat.Ketika terjadi gempa gelombang ini pertama kali tercatat oleh stasiun perekam.Oleh karena itu disebut sebagai gelombang primer atau gelombang P. Gelombang ini memiliki arah getaran yang sejajar dengan arah penjalarannya (Gambar 2.7). Gelombang P dapat merambat melalui medium padat, cair dan gas (Lowrie, 2007). Persamaan kecepatan gelombang P adalah sebagai berikut.

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\rho}} \qquad (2.1)$$

dengan:

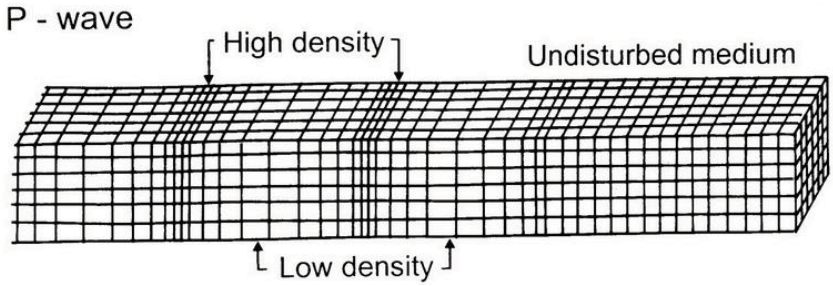
v_p = cepat rambat gelompang P (m/s)

λ = konstanta Lame (N/m^2)

μ= rigiditas (N/m^2)

ρ = merupakan densitas (kg/m^3)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.7 Gerakan partikel gelombang P sejajar dengan arah rambatannya (Elnashai dan Di Sarno, 2008).

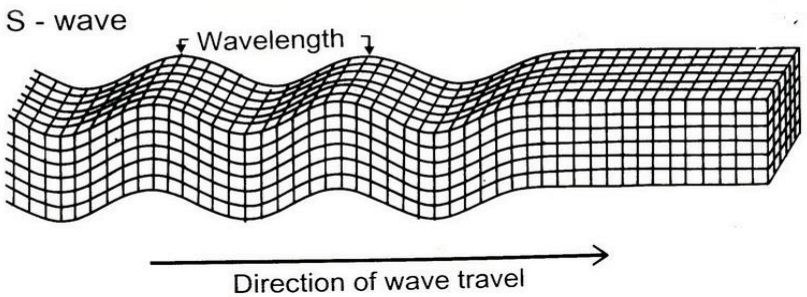
2.2.1.2. Gelombang S

Gelombang S disebut juga gelombang *shear* atau gelombang transversal. Gelombang ini memiliki cepat rambat yang lebih lambat bila dibandingkan dengan gelombang P dan hanya dapat merambat pada medium padat saja.Pada saat terjadi gempabumi gelombang S terekam setelah gelombang P. Gelombang S tegak lurus terhadap arah rambatnya (Lowrie, 2007). Visualisasi gelombang S ditunjukkan oleh Gambar 2.12. Persamaan dari kecepatan gelombang S adalah sebagai berikut (Afnimar, 2009).

$$\upsilon_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \qquad (2.2)$$

dengan:

υ_s = merupakan cepat rambat gelombang S (m/s)



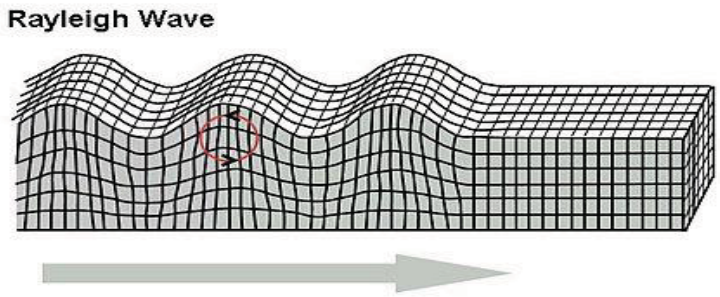
Gambar 2.8 Gerakan partikel gelombang S tegak lurus dengan arah penjalaran gelombang (Elnashai dan Di Sarno, 2008).

2.2.2 Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi rendah dan amplitudo besar. Gelombang ini menjalar akibat adanya efek *surface* dimana terdapat perbedaan sifat elastik. Gelombang ini dapat menjelaskan struktur mantel atas dan permukaan kerak bumi (Susilawati, 2008). Ada dua tipe gelombang permukaan yaitu, gelombang Rayleigh dan gelombang love.

2.2.2.1 Gelombang Rayleigh

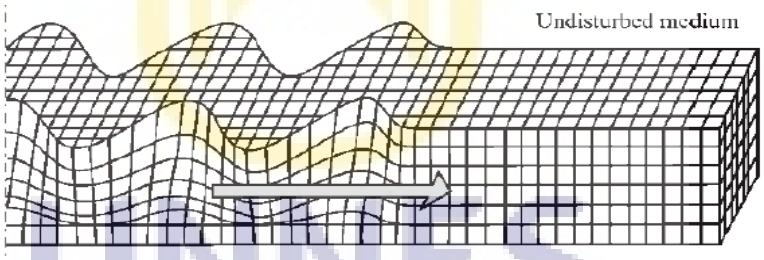
Gelombang Rayleigh adalah jenis gelombang permukaan yang terjadi akibat adanya interferensi antara gelombang tekan dengan gelombang geser secara konstruktif. Gerakan partikel pada *wavefront* gelombang Rayleigh terdiri atas kombinasi gelombang P dan S pada bidang vertikal (lihat Gambar 2.9). Karakteristik lain dari gelombang Rayleigh adalah amplitudonya menurun atau berkurang terhadap kedalaman di bawah permukaan. Umumnya memiliki frekuensi rendah dengan spektrum yang tidak tajam. Gelombang Rayleigh mempunyai sifat yang unik, yaitu setiap perambatan gelombang yang melewati batas lapisan material bumi akan mengalami dispersi (Sholihan *et al.*, 2013).



Gambar 2.9 Gerakan partikel gelombang Rayleigh yang terjadi akibat perubahan timbal balik dari gelombang P dan gelombang S (Elnashai dan Di Sarno, 2008).

2.2.2.2 Gelombang Love

Gelombang Love merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yang merupakan gelombang S horizontal yang penjalarannya paralel dengan permukaan tanah (Telford*et al.*, 1990). Visualisasi gelombang Love ditunjukkan oleh Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Gerakan partikel gelombang Love (Elnashai dan Di Sarno, 2008).

2.3 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba.Gempa bumi bumi dapat diakibatkan oleh pergerakan lempeng tektonik atau aktivitas vulkanik gunung berapi.

2.3.1 Parameter Sumber Gempa Bumi

Parameter Gempa bumi menurut *Boen (2000)* dalam *Sudibyakto (2011)* biasanya digambarkan dengan tanggal terjadinya, waktu terjadinya, koordinat episenter (dinyatakan dengan koordinat garis lintang dan garis bujur), kedalaman Hiposenter, Magnitude, dan intensitas gempabumi.

2.3.1.1 Episenter

Episenter adalah titik sumber gempa yang diproyeksikan ke atas permukaanbumi.dibawah titik ini terjadi pelepasan energi dari batuan, yang juga menandai terjadinya sebuah patahan di kerak bumi.

2.3.1.2 Hiposenter

Hiposenter adalah titik pusat gempa di dalam bumi, tepat di titik terjadi perlepasan energi dari batuan yang menandai terjadinya gempa bumi. Gempa bumi dengan kedalaman dangkal terjadi pada kedalaman kurang dari 60 km dibawah permukaan laut. Gempa bumi menengah terjadi pada kedalaman 60 sampaidengan 100 km dibawah permukaan laut. Gempa bumi dalam terjadi padakedalaman lebih dari 100 km dibawah permukaan laut.

2.3.1.3 Magnitudo Gempa

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Magnitudo gempa adalah besaran yang berhubungan dengan kekuatan gempa dan sumbernya.

2.3.1.4 Intensitas Gempa

Intensitas gempa bumi adalah cerminan pengaruh goncangan gempabumi terhadap tingkat kerusakan sarana dan prasarana. Beberapa faktor yang

mempengaruhi rusaknya sarana dan prasarana adalah rekayasa bangunan, jarak dari pusat gempa dan sifat batuan.

2.4 Mikroseismik

Mikroseismik merupakan getaran tanah selain gempa bumi, bisa berupa getaran akibat aktivitas manusia maupun aktivitas alam. Mikroseismik bisa terjadi karena getaran akibat orang yang sedang berjalan, getaran mobil, getaran mesin-mesin pabrik, getaran angin, gelombang laut atau getaran alamiah dari tanah. Mikroseismik mempunyai frekuensi lebih tinggi dari frekuensi gempa bumi, periodenya kurang dari 0,1 detik yang secara umum antara 0,05–2 detik dan untuk mikroseismik periode panjang bisa 5 detik, sedang amplitudonya berkisar 0,1–2,0 mikron. Kaitannya dengan mikroseismik merupakan getaran tanah yang menjalar dalam bentuk gelombang yang disebut gelombang mikroseismik. Belakangan ini aplikasi mikroseismik digunakan untuk mengidentifikasi resonansi frekuensi natural bangunan dan tanah (Mucciarelli *et al*., 2001).

2.4.1 Mikroseismik Pada Tanah

Pada analisis data mikroseismik telah digunakan Teknik HVSR secara luas untuk studi efek lokal dan mikrozonasi (Warnana *et al*., 2001). Teknik HVSR mampu mengestimasi frekuensi resonansi secara langsung tanpa harus mengetahui struktur kecepatan gelombang geser dan kondisi geologi bawah permukaan lebih dulu. Nakamura (2000) menyebutkan bahwa metode HVSR untuk analisis mikroseismik bisa digunakan untuk memperoleh frekuensi natural sedimen. Penggunaan mikroseismik sendiri telahbanyak dilakukan

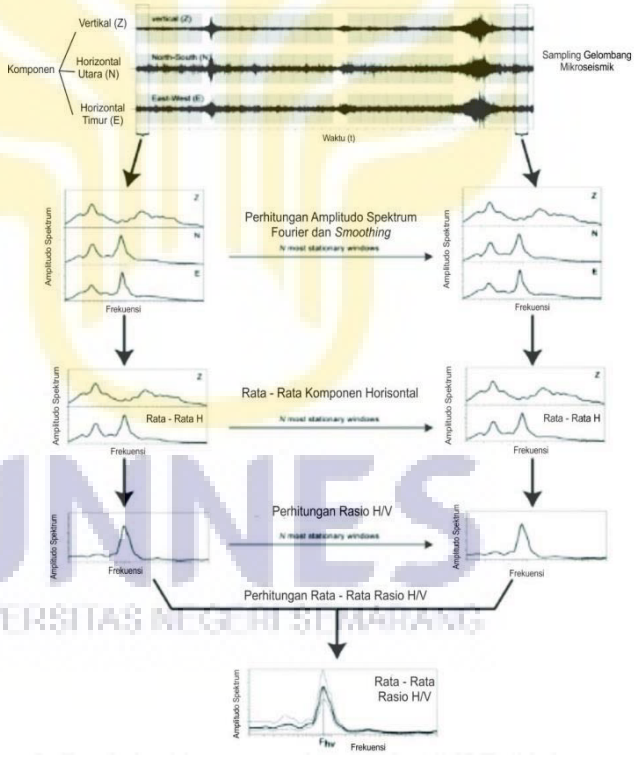
untuk mengidentifikasi resonansi frekuensi dasar bangunan dan struktur tanah di bawahnya. Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSR adalah frekuensi natural dan amplifikasi. HVSR yang terukur pada tanah bertujuan untuk karakterisasi geologi setempat, frekuensi natural dan amplifikasi yang berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan (Herak, 2008).

2.4.2 *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR)

Metode HVSR pertama kali diperkenalkan oleh Noghosi dan Igarashi dan disebarkan oleh Nakamura, sehingga metode ini biasa dikenal juga dengan teknik Nakamura. Metode HVSR didasarkan pada perbandingan spektral amplitudo komponen horizontal terhadap komponen vertikal. Analisis data seismik dengan metode HVSR dapat menggunakan software Geopsy, Tool dalam Geopsy ini digunakan untuk mendapatkan rasio spektrum horizontal terhadap vertikal (H/V) dari semua jenis sinyal getaran (*ambient noise*, gempa bumi dan lain-lain). Proses spektrum H/V, data yang kita gunakan harus memiliki 3 komponen sinyal : North–South, East–West dan Vertikal.

Metode HVSR biasanya digunakan pada seismik pasif (mikroseismik) tiga komponen. Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSR adalah frekuensi natural dan amplifikasi.HVSR yang terukur pada tanah bertujuan untuk karakterisasi geologi setempat, frekuensi natural dan amplifikasi yang berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan.Frekuensi natural memiliki arti frekuensi dasar suatu tempat dalam menjalarkan getaran atau gelombang, dalam hal ini getaran gempa bumi yang merambat pada geologi

setempat. Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang seismik akan mengalami perbesaran, jika merambat pada suatu medium ke medium lain yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Nilai amplifikasi perambatan gelombang akansemakin bertambah apabila perbedaan antara kedua parameter tersebut semakin besar. Faktor amplifikasi dipengaruhi oleh densitas material dan kecepatan gelombang geser. Ditunjukkan pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Deskripsi Komputasi Metode HVSR (Sunardi *et al.,* 2012).

Analisis HVSR pada pengukuran data sedimen yang dilakukan, harus memenuhi kriteria yang disarankan yaitu berdasarkan hubungannya dengan puncak frekuensi terhadap panjang windows, jumlah siklus signifikan dan

standar deviasi puncak amplitudo. Kriteria selanjutnya untuk membersihkan puncak berdasarkan hubungannya dengan puncak amplitudo terhadap level kurva HVSR standar deviasi puncak frekuensi dan amplitudonya. Jika semua kriteria tersebut terpenuhi, maka puncak frekuensi tersebut bisa dipertimbangkan sebagai frekuensi natural sedimen dari kontras impedansi kuat pertama. Menurut Nakamura (2008) dalam mengestimasi nilai amplifikasi, dipengaruhi oleh sumber meskipun sangat kecil. Frekuensi natural sendiri bisa diketahui dari puncak HVSR dan nilai amplifikasinya adalah puncak dari HVSR.

–Metode HVSR didasarkan pada perbadingan antara amplitudo spektral komponen horisontal terhadap komponen vertikal. Perbandingan spektral antara komponen horizontal dan komponen vertikal dihitung dengan persamaan 2.3 (Puslitbang BMKG, 2010). Untuk kurva HVSR ditunjukkan oleh Gambar 2.12.

$$HVSR = \frac{\sqrt{(A(\text{east})(f))^2 + (A(\text{north})(f))^2}}{A\ \text{vertical}\ (f)} \qquad (2.3)$$

dengan:

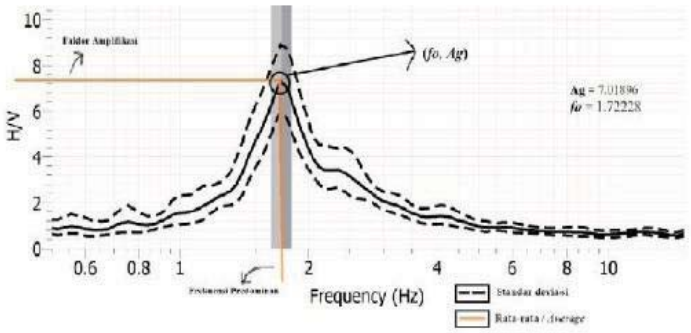
HVSR = nilai perbandingan spektrum komponen horizontal dengan komponen vertikal

Aeast(f) = nilai amplitudo spektrum komponen timur-barat

Anorth(f) = nilai amplitudo spektrum komponen utara-selatan

Avertical(f)= nilai amplitudo spektrum komponen vertikal

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.12 Kurva HVSR dimana sumbu *y* menunjukkan nilai amplifikasi dan sumbu *x* menunjukkan nilai frekuensi dominan (Wibowo, 2015).

Gambar 2.12 menunjukkan puncak grafik tersebut adalah nilai amplifikasi sebesar 7,01846 dan nilai frekuensi dominan sebesar 1,72228 Hz.

2.4.2.1 Analisis Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis karakterisktik batuan tersebut. Lachet dan Brad (1994) melakukan uji simulasi dengan menggunakan 6 model struktur geologi sederhana dengan kombinasi variasi kontras kecepatan gelombang geser dan ketebalan lapisan soil. Hasil simulasi menunjukkan nilai puncak frekuensi berubah terhadap variasi kondisi geologi, ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Tabel 2.1 Tabel Kalisifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikroseismik Oleh Kanai (Dikutip dari Buletin Meteorologi dan GeofisikaNo.4, 1998).

Klasifikasi Tanah	Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Jenis I	6,667-20	Batuan Tersier atau lebihtua. Texliri dari batuan *Hard sandy, gravel,* dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
Jenis II	4-6,667	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5 m.Terdiridari *sandy-gravel, sandy hard clay, loam,* dll.	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter.
Jenis III	2,5-4	Batuan alluvial, dengan ketebalan >5 m. Terdiri dari *sandy-gravel, sandy hard clay, loam,* dll.	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10-30 meter.
Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30 m atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tebal

2.4.2.2 Analisis Periode Dominan

Nilai periode dominan merupakan waktu yang dibutuhkan gelombang mikroseismik untuk merambat melewati lapisan endapan sedimen permukaan atau mengalami satu kali pemantulan terhadap bidang pantulnya ke permukaan.Nilai periode dominan juga mengindikasikan karakter lapisan batuan yang ada di suatu wilayah ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Kanai – Omote – Nakajima (Dikutip dari Buletin Meteorologi dan Geofisika No.4, 1998).

Klasifikasi Tanah		Periode (T) second	Keterangan	Karakter
Jenis I	Jenis A	0,05-0,15	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan *Hard sandy, gravel,* dll.	Keras
Jenis II		0,15-0.25	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5 m. Terdiri dari *sandy-gravel,sandy hard clay, loam,* dll.	Sedang
Jenis III	Jenis B	0,25-0.40	Batuan alluvial, hampir sama dengan jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi *bluff.*	Lunak
Jenis IV	Jenis C	>0.40	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30 m atau lebih.	Sangat Lunak

Nilai periode dominan didapatkan berdasarkan perhitungan berikut.

$$T_0 = 1 / f_0 \quad (2.4)$$

Dengan :

T_0 = periode dominan.

f_0 = frekuensi dominan

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.4.2.3. Ketebalan Lapisan Sedimen (h)

Ketebalan lapisan sedimen menggambarkan ketebalan lapisan yang lunakatau lapuk pada lapisan permukaan tanah diatas batuan dasar. Ketebalan lapisan sedimen mempengaruhi kecepatan dari penjalaran gelombang badan (Hedri, 2016). Nakamura (2008) menyatakan bahwa ketebalan lapisan sedimen (*h)* berhubungan dengan frekuensi natural (f_o) dan kecepatan

gelombang *S* pada permukaan (υ_s), sehingga dapat dirumuskan persamaan sebagai berikut.

$$h = \frac{\upsilon s}{4\, f0} \qquad (2.5)$$

dimana :

υ_s = Kecepatan gelombang S (m/s)

f_0 = frekuensi dominan (Hz)

Nilai kecepatan gelombang *S* (υ_s) di permukaan mengacu pada data hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan pada lokasi tujuan. Gelombang *S* dipermukaan tanah merupakan gelombang geser yang terjadi hingga kedalaman 30 m ($\upsilon_s 30$) yang dapat mendeformasikan lapisan batuan (Nurrahmi, 2015).

2.5 Indeks Kerentanan Seismik

Indeks kerentanan seismik (*Kg*) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi (Febriani, *et al*., 2013). Menurut Nakamura (1997), nilai Kg dirumuskan seperti persamaan

$$K_g = \frac{A0^2}{f0} \qquad (2.6)$$

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

dengan:

Kg = indeks kerentanan seismik (s^2/m atau s^2/cm)

A_0 = amplifikasi

f_0 = frekuensi dominan (Hz)

2.6 Percepatan Tanah Maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Menurut Sehah, *et al*., (2012), percepatan getaran tanah (*ground acceleration*) merupakan nilai percepatan bergetarnya tanah akibat bencana gempabumi. Nilai percepatan getaran tanah sering digunakan untuk menggambarkan tingkat resiko suatu kawasan terhadap gempabumi yang terjadi. Namun yang lazim digunakan adalah Percepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Acceleration*, PGA), yaitu percepatan getaran tanah yang tertinggi yang pernah terjadi pada suatu kawasan akibat gempabumi. Satuan yang digunakan dalam pengukuran PGA adalah centimeter per detik^2 atau disebut gal. Para ahli geofisika sering menggunakan nilai percepatan tanah maksimum sebagai parameter untuk menentukan dan memetakan tingkat resiko suatu kawasan terhadap bencana gempa bumi.

Menurut Edwiza dan Novita (2008), percepatan permukaan tanah di suatu tempat yang disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah (*alluvial deposit*) di tempat tersebut.Sifat-sifat lapisan tanah ditentukan oleh periode dominan tanah (*predominant period*) dari lapisan tanah tersebut bila ada getaran seismik. Periode getaran seismik dan periode dominan tanah akanmempengaruhi besarnya percepatan batuan pada lapisan batuan dasar dan pada permukaan.

Pada metode perhitungan nilai PGA dengan metode Kanai tidak hanya dilakukan perhitungan dengan rumus saja tetapi juga dibutuhkan data

pengamatan yang dilakukan di lapangan. Metode ini mengombinasikan parameter gempa bumi dan karakteristik di suatutempat (Febriani, *et al.*, 2013). Menurut Kanai dalam Edwiza dan Novita (2008), perhitungan PGA dengan metode Kanai dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.6 berikut (Edwiza dan Novita, 2008).

$$a_g = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{0,61M-\left(1,66+\frac{3,6}{R}\right)\log R+0,167-\frac{1,83}{R}} \quad (2.7)$$

dengan:

a_g = percepatan tanah di titik pengukuran (gal)

T_0 = periode dominan tanah di titik pengukuran (s)

M = merupakan magnitudo gempa bumi (Skala Richter)

R =jarak hiposenter dari titik pengukuran (km)

Menurut Gutenberg & Richter (1942) terdapat hubungan antara nilai percepatan tanah maksimum dengan skala intensitas gempa (dalam I_{MM}) yang kemudian dirumuskan dengan persamaan empiris sebagai berikut.

$$I_{MM} = 3 \log a_{max} + 1,5 \quad (2.8)$$

Intensitas gempa menyatakan kekuatan gempa yang dirasakan di suatu tempat (dipermukaan) dan ditentukan dari efek langsung goncangan gempa, misalnya terhadap topografi, bangunan, dan sebagainya.Besarnya nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas sangat bergantung pada besarnya magnitudo gempa, jarak dari sumber gempa dan faktor dari geologi daerah terkena gempa, sehingga nilainya relatif berbeda-beda di setiap daerah.Berikut ini merupakan tabel 2.4 menjelaskan tentang intensitas gempa bumi skala MMI korelasi PGA dan dijelaskan pula efek yang terjadi.

Tabel 2.3 Intensitas Gempa Bumi Skala MMI Korelasi PGA – MMI (Wald,1999)

Skala MMI	PGA (Gals)	PGV (cm/s)	Deskripsi
I	< 1.7	< 0.1	Tidak terasa orang, tercatat pada pencatat gempa.
II-III	1.7 – 14	0.1 - 1.1	Terasa oleh orang yang istirahat, terutama dilantai dua. Benda-benda tergantung bergoyang, bergetar ringan
IV	14 – 39	1.1 - 3.4	Getaran truck lewat, jendela, pintu dan barang pecah belah beradu dan berbunyi
V	39 – 92	3.4 - 8.1	Terasa oleh orang diluar gedung, orang tidur terbangun, benda diatasnya bisa jatuh.
VI	92 – 180	8.1 – 16	Terasa oleh semuanya, bahkan ketakutan dan keluar rumah, plesteran tembok retak (mutu D).
VII	180 – 340	16 – 31	Sulit berdiri, terasa oleh pengendara kendaraan, tembok-tembok rusak, plesteran lepas, genteng jatuh, rawa dan kolam bergelombang.
VIII	340 – 650	31 – 60	Tembok mutu C rusak, runtuh, menara air rusak, gedung portal bergerak, tanah basah retak (mutu C)
IX	650 – 1240	60 – 116	Semua orang panik, gedung runtuh, pipa-pipa dalam tanah rusak.
X – XI-XII	> 1240	> 116	Bangunan kayu rusak, jembatan rusak, tanah longsor, aor sungai/kolam gelombang tepi. Rel kereta api rusak. Kerusakan total, batuan-batuan besar pindah tepat

2.7*Ground Shear Strain*

Nilai *ground shear strain* pada lapisan tanah permukaan menggambarkan kemampuan material lapisan tanah untuk saling meregang dan atau bergeser saat terjadi gempa.Nilai regang-geser permukaan tanah dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut. (persamaan 2.7) (Nakamura, 1997).

$$\gamma = A \cdot \frac{\delta}{h} \qquad (2.9)$$

dengan:

γ = Nilai regang-geser

A = Amplifikasi

δ = Deformasi lapisan permukaan tanah akibat gempa $\left(\delta = \frac{a}{(2\pi fo)^2}\right)$

h = Ketebalan lapisan lapuk

Hubungan antara nilai kerentanan gempa (*Kg*) dan regang-geser (γ) dituliskan dalam persamaan (2.10) :

$$\gamma = Kg \frac{a}{\pi^2 Cb} \quad (2.10)$$

$$f_0 = \frac{Cb}{4\,A\,h} \quad (2.11)$$

dengan :

C_b = Kecepatan gelombang seismik di batuan dasar

a = Percepatan tanah maksimum

Berdasarkan persamaan tersebut didapat hubungan antara nilai kerentanan gempa dan nilai regang-geser permukaan tanah, semakin beser nilai kerentanan gempa (*Kg*) maka semakin tinggi juga nilai regang-geser permukaan tanah (*γ*). Nakamura (1997) menyatakan bahwa lapisan tanah permukaan akan bersifat plastis pada nilai $\gamma > 1 \times 10^{-3}$ dan pada nilai $\gamma \cong 1 \times 10^{-2}$ lapisan tanah dapat mengalami deformasi. Deformasi yang terjadi dapat berupa rekahan tanah, likuifaksi, dan longsoran. Semakin kecil nilai *ground shear strain* menunjukkan lapisan batuan semakin kokoh dan sulit terjadi deformasi.

Tabel 2.4 fenomena yang terjadi pada tanah berdasarkan nilai regang-geser tanah.

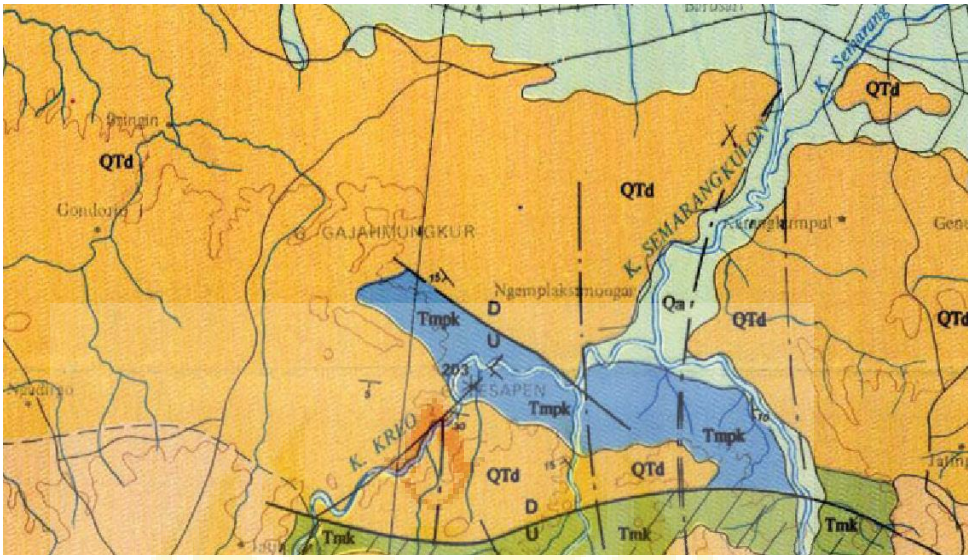
Besar nilai regang γ	10^{-6} 10^{-5}	10^{-4} 10^{-3}	10^{-2} 10^{-1}
Fenomena	Gelombang, Getaran	Retakan pada lapisan tanah dan pemukiman	Longsor, Pemadatan tanah, Likuifaksi
Sifat Dinamis	Elastisitas	Plastisitas –Elastis	Jatuh
			Efek Perulangan, Efek Kecepatan dari Pembebanan

2.8 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Kecamatan Gajahmungkur adalah sebuah kecamatan di Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Kecamatan Gajahmungkur terdiri dari kelurahan Lempongsari, Candi, Kintelan, Sampangan serta kelurahan Gajahmungkur.

Kecamatan Gajahmungkur memiliki luas 8,53 km^2 (sumber : Wikipedia). Kondisi lereng tanah Kota Semarang dibagi menjadi 4 jenis kelerengan, Kecamatan Gajahmungkur masuk dalam lereng II (2-5%). Kecamatan Gajahmungkur berada pada ketinggian 90,56 - 348 MDPL (perbukitan). Pertumbuhan penduduk Kecamatan Gajahmungkur mencapai 0.99% dan pemanfaatan lahannya hanya berupa lahan non-sawah (Bappeda, 2004).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.13 Peta geologi lembar Magelang-Semarang (Thanden *et al*., 1996)

Geologi Kota Semarang berdasarkan Peta Geologi Lembar Magelang - Semarang (Thanden *et al.,* 1996), susunan stratigrafinya adalah sebagai berikut :

(1) Aluvium

Merupakan endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau dan pasir dan campuran diantaranya mencapai ketebalan 50 m atau lebih.Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1 - 3 m. Bongkah tersusun andesit, batu lempung dan sedikit batu pasir.

(2) Batuan Gunung api Gajah Mungkur (Qvu)

Batuannya berupa lava andesit, berwarna abu-abu kehitaman, berbutir halus, holokristalin, komposisi terdiri dari felspar, hornblende dan augit, bersifat keras dan kompak.Setempat memperlihatkan struktur kekar berlembar (sheeting joint).

(3) Batuan Gunungapi Kaligesik (Qpk)

BatuanGunungapi Kaligesik berupa lava basalt, berwarna abu-abu kehitaman, halus, komposisi mineral terdiri dari felspar, olivin dan augit, sangat keras.

(4) Formasi Jongkong

Breksi andesit hornblende augit dan aliran lava, sebelumnya disebut batuan gunungapi Ungaran Lama. Breksi andesit berwarna coklat kehitaman, komponen berukuran 1 - 50 cm, menyudut - membundar tanggung dengan masa dasar tufaan, posositas sedang, kompak dan keras. Aliran lava berwarna abu-abu tua, berbutir halus, setempat memperlihatkan struktur vesikuler (berongga).

(5) Formasi Damar (Qtd)

Batuannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi volkanik. Batu pasir tufaan berwarna kuning kecoklatan berbutir halus - kasar, komposisi terdiri dari mineral mafik, felspar, dan kuarsa dengan masa dasar tufaan, porositas sedang, keras. Konglomerat berwarna kuning kecoklatan hingga kehitaman, komponen terdiri dari andesit, basalt, batuapung, berukuran 0,5 - 5 cm, membundar tanggung hingga membundar baik, agak rapuh. Breksi volkanik mungkin diendapkan sebagai lahar, berwarna abu-abu kehitaman, komponen terdiri dari andesit dan basalt, berukuran 1 - 20 cm, menyudut - membundar tanggung, agak keras.

(6) Formasi Kaligetas (Qpkg)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Batuannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar, setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan. Breksi dan lahar berwarna coklat kehitaman, dengan komponen berupa andesit, basalt, batuapung dengan masa dasar tufa, komponen umumnya menyudut - menyudut tanggung, porositas sedang hingga tinggi, breksi bersifat keras dan kompak, sedangkan lahar agak rapuh. Lava berwarna hitam kelabu, keras dan kompak. Tufa berwarna kuning keputihan, halus - kasar, porositas tinggi, getas. Batu lempung, berwarna hijau, porositas rendah, agak keras dalam keadaan kering dan mudah hancur dalam keadaan basah. Batu pasir tufaan, coklat kekuningan, halus - sedang, porositas sedang, agak keras.

(7) Formasi Kalibeng (Tmkb)

Batuannya terdiri dari napal, batupasir tufaan dan batu gamping. Napal berwarna abu-abu kehijauan hingga kehitaman, komposisi terdiri dari mineral lempung dan semen karbonat, porositas rendah hingga kedap air, agak keras dalam keadaan kering dan mudah hancur dalam keadaan basah. Pada napal ini setempat mengandung karbon (bahan organik). Batupasir tufaan kuning kehitaman, halus - kasar, porositas sedang, agak keras, Batu gamping merupakan lensa dalam napal, berwarna putih kelabu, keras dan kompak.

(8) Formasi Kerek (Tmk)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Perselingan batu lempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi volkanik dan batu gamping. Batu lempung kelabu muda - tua, gampingan, sebagian bersisipan dengan batu lanau atau batu pasir, mengandung fosil foram, moluska dan koral-koral koloni. Lapisan tipis konglomerat terdapat dalam batu lempung di K. Kripik dan di dalam batupasir. Batu gamping umumnya berlapis, kristallin dan pasiran, mempunyai ketebalan total lebih dari 400 m.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka didapatkan beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

(1) Nilai indeks kerentanan seismik di kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang bervariasi dalam rentang 0,3 s^2/m hingga 8,5 s^2/m. Dengan nilai indeks kerentanan seismik paling besar berada pada titik 12. Sedangkan untuk nilai indeks kerentanan seismik paling kecil berada pada titik 8.

(2) Berdasarkan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan data gempa bumi Tegal pada tanggal 12 November 2015 di kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang memiliki nilai percepatan berkisar 0,3 gal hingga 1,6 gal.

Berdasarkan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan data gempa bumi Jepara pada tanggal 23 Oktober 2015 di Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang memiliki nilai percepatan berkisar 0,6 gal hingga 2,8 gal.

Berdasarkan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan data gempa bumi Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006 di

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang memiliki nilai percepatan berkisar 3,4gal hingga 15,9 gal.

(3) Nilai *ground shear strain* yang didapatkan dengan menggunakan sumber gempa bumi Tegal, sumber gempa bumi Jepara, dan sumber gempa bumi Yogyakarta di kawasan Watulawang Gajahmungkur Semarang berada pada rentang 10^{-4}.Titik 9, titik 10, dan titik 12 memiliki nilai kerentanan gempa yang jauh lebih tinggi dibanding dengan titik yang lainnya sehingga nilai *ground shear strain* titik 9, titik 10, dan titik 12 juga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan titik-titik yang lainnya.Titik-titik yang memiliki nilai *ground shear strain* tinggi merupakan struktur tanah berkarakter plastis. Berkarakter plastis ini mencirikan daerah tersebut berpotensi longsor.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil dari penelitian ini, saran untuk penelitian selanjutnya :

(1) Penelitian selanjutnya disarankan dilakukaan pada malam hari guna menghindari banyaknya noise yang muncul.

(2) Titik-titik penelitian yang rentang disarankan untuk tidak didirikan bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, I.M. & E. Lalang.2015.*Analisis Spasial Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Gajahmungkur Semarang*.Semarang : Universitas Dian Nuswantoro.

Afnimar. 2009. *Seismologi*. Bandung: ITB.

BMKG. 2015. *Data Gempa. http://inatews.bmkg.go.id/new/query_gmpqc.php.* Diakses : 10 April 2017.

BNPB.2017.*Potensi Bencana. http://bnpb.go.id/home/potensi.* Diakses : *10 April 2017*

Dewi, E. 2013.*Analisis Gound Shear Strain di Wilayah Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor.*Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Edwiza, D. & S. Novita.2008. Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai.*Teknika,* 2 (29), 101-118.

Effendi, A. 2008.*Identifikasi Kejadian Tanah Longsor dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya di Kecamatan Babadan Madang Kabupaten Bogor.*Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Elnashai, S. & L. Di Sarno. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering.* Hongkong: A John Wiley & Sons, Ltd, Publication.

Febriani, Y., I. Daruwati, & R. Hantika. 2013. Analisis Nilai Peak Ground Acceleration dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data Mikroseismik Pada Daerah Rawan Gempabumi di Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmiah Edu Research,* 2 (2), 85-90.

Herak, M. 2008. *ModelHVSR: a Matlab Tool to Model Horizontal-to-VerticalSpectral Ratio of Ambient Noise*. Computers and Geosciences 34, 1514–1526.

Ishihara K. & Ogawa K. 1978.*Liquefaction Susceptibility Map of Downtown Tokyo.*Proc.Of the 2nd International Conference on Microzonation .vol.2.

Jananda.& A. Shandy.2014.*Pengembangan Peta Kecepatan Gelombang Geser dan Peta Tahanan Penetrasi Standardi Semarang.* Jurnal UNDIP,3 (1), 167-176.

Kanai K. & T. Tanaka. 1961. *On Microtremors. VIII*, Bull. Earth . Res. Inst.,University of Tokyo, Japan.

Kanai, K. 1966. Improved empirical formula for characteristics of stray [sic] earthquake motions.*Pages 1–4 of: Proceedings of the Japanese Earthquake Symposium*. Not seen. Reported in Trifunac & Brady (1975).

Kearey, P., M. Brooks, & I. Hill. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration,* London: Blackwell Science.

Lachet, C. & P.Y. Brad.1994. Numerical and Theoretical Investigations on The Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique.*Journal Physic Earth*, 42: 377-397.

Lowrie, W. 2007.*Fundamental of Geophysics.*New York: Cambridge University.

Miladan, N.2009.*Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Kota Semarang Terhadap Perubahan Ikli.*Semarang : Universitas Diponegoro.

Mucciarelli, M.& Galipolli, M.R. 2001.*A critical review of 10 years of microtremor HVSR technique*.Italy : Università della Basilicata

Nakamura, Y. 1997. Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures Using Microtremor.*World Congress on Railway Research.*

Nakamura, Y. 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura'sTechnique and Its Application*. The 12nd Word Conference on EarthquakeEngineering. Tokyo, Japan.

Nakamura, Y. 2008. *On The H/V Spectrum*.The 14th World Conference onEarthquake Engineering. Beijing, China.

Nandi. 2007. *Longsor.* Bandng : UPI.

Nurrahmi, R.E.& Sandra. 2015. *Analisis Kecepatan Gelombang Geser Vs30 Menggunakan Metode Refraksi Mikrotremor (ReMi) di Kelurahan Talise.*Jurnal Gravitasi Vol. 14, No. 1.ISSN : 1412-2375.

Putra, D., N.B. Wibowo, & D. Darmawan.2014. Indeks Kerentanan Seismik Kulon Progo Berdasarkan Data Mikrotremor.*Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (Prosiding).*33-36.

Poedjoprajitno, S., J. Wahyudiono, & A. Cita. 2008. *Reaktivitas Sesar KaligarangSemarang*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3, No. 3, halaman 129-138.

Sehah, S., Raharjo, & R. Dewi. 2012. Pemanfaatan Data Seismisitas Untuk Memetakan Tingkat Risiko Bencana di Eks-Karesidenan Banyumas Jawa Tengah. Purwokerto.*Seminar Nasional Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II (Prosiding).*

SESAME. 2004. *Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibration Measurement, Processing and Interpretation.*

Sholihan, J. N. & B.J. Santosa. 2013. Analisis Dispersi Gelombang Rayleigh Struktur Geologi Bawah Permukaan Studi Kasus Daerah Pasir Putih Dalengan Gresik. *Jurnal ITS Undergraduate.*

Sudibyakto, H.A. 2011. Manajemen Bencana di Indonesia Kemana?. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sulistiawan, H. 2016. *Analisis Seismic Hazard Berdasarkan Data Peak Ground Acceleration (Pga) Dan Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Mikroseismik Di Daerah Kampus Unnes Sekaran, Gunungpati, Kota Semarang*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

Sunardi, B., Daryono., J. Arifin., P.Susilanto., D. Ngadmanto., B. Nurdiyanto.,& Sulastri.2012. Kajian Potensi Bahaya Gempabumi Daerah Sumbawa Berdasarkan Efek Tapak Lokal.*Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, *13*(2):131-137.

Sungkono,& B.J. Santosa. 2010. Karakterisasi Horizontal-to Vertical Spectral Ratio: Kajian Literatur dan Pemodelan. *Jurnal Neutrino,* 4 (1), 1-15.

Sungkono.2011. *Inversi Terpisah dan Simultan Dispersi Gelombang Rayleigh dan Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio Menggunakan Algoritma Genetik.*Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Susilawati.2008. *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi.*Medan: Universitas Sumatera Utara.

Telford, W. M., L. Geldart, & R.E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics.* USA: Cambridge University Press.

Thanden, R. E., Sumadiredja, H., Richards, P. W, Sutisna, K., & Amin, T. C. 1996. Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Wald, David J. *et al*, 1999, *Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California.* Earthquake Spectra vol. 15 no.3.

Warnana, D., R. Soemitro, & W. Utama. 2011. Application of Microtremor HVSR Method for Assessing Site Effct in Residual Slope. *International Journal of Basic Applied Sciences IJABAS-IJENS,* 11 (4), 73-78.

Wibowo, N. 2015. Spatial Analysis of Surface Aquifer Thickness Based Frequency Dominant in Bantul District. *Indonesian Journal of Applied Physics,* 5 (1), 1-9.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG