

**PENENTUAN KLASIFIKASI TANAH
DI KELURAHAN SENDANGMULYO
KOTA SEMARANG BERDASARKAN METODE
HVSr MENGGUNAKAN SCILAB**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains
dalam Ilmu Fisika**



OLEH

PRIMA VITRA VARECHA

NIM: 1708026020

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Prima Vitra Varecha
NIM : 1708026020
Jurusan/Program Studi : Fisika

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

PENENTUAN KLASIFIKASI TANAH DI KELURAHAN SENDANGMULYO KOTA SEMARANG BERDASARKAN METODE HVSR MENGGUNAKAN SCILAB

secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 April 2022
Pembuat pernyataan,



Prima Vitra Varecha
NIM: 1708026020



KEMENTERIAN AGAMA R.I
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp.024-7601295 Fax.7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **PENENTUAN KLASIFIKASI TANAH DI
KELURAHAN SENDANGMULYO KOTA
SEMARANG BERDASARKAN METODE HVSR
MENGUNAKAN SCILAB**

Penulis : Prima Vitra Varecha

NIM : 1708026020

Jurusan : Fisika

telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam ilmu fisika.

Semarang, 9 Juni 2022

DEWAN PENGUJI

Ketua,

Sekretaris,

Andi Fadlan, S.Si., M.Sc.

Henri Sumarti, M.Si.

NIP: 19800915 200501 1 006

NIP: 19871011 201903 2 009

Penguji I

Penguji II,

Alwiyah Nurhayati, Ph.D.

Istikomah, M.Sc.

NIP: 19811211 201101 2 006

NIP: 19901126 201903 2 021

Pembimbing I,

Pembimbing II

Andi Fadlan, S.Si., M.Sc.

Hartono, M.Sc.

NIP: 19800915 200501 1 006

NIP: 19900924 201903 1 006

NOTA DINAS

Semarang, 22 April 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : PENENTUAN KLASIFIKASI TANAH DI
KELURAHAN SENDANGMULYO KOTA
SEMARANG BERDASARKAN METODE HVSR
MENGUNAKAN SCILAB
Nama : **Prima Vitra Varecha**
NIM : 1708026020
Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing I,



Andi Fadlan, S.Si., M.Sc,
NIP: 19800915 200501 1 006

NOTA DINAS

Semarang, 25 April 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : PENENTUAN KLASIFIKASI TANAH DI
KELURAHAN SENDANGMULYO KOTA
SEMARANG BERDASARKAN METODE HVSR
MENGUNAKAN SCILAB

Nama : **Prima Vitra Varecha**

NIM : 1708026020

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing II,



Hartono, M.Sc.

NIP: 19900924 201903 1 006

ABSTRAK

Mikrotremor adalah getaran kecil di permukaan tanah yang berasal dari fenomena alam, aktivitas manusia, dan lain-lain. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang dengan metode HVSR menggunakan *software* Scilab versi 6.1.0. Proses pengolahan data meliputi pembuatan sinyal sintetis, pembuatan baris kode metode HVSR pada Scilab, pengujian terhadap data sintetik, mengolah data mikrotremor, dan membuat peta mikrozonasi f_0 dan T_0 . Pengujian baris kode dilakukan terhadap sinyal sintetis dan dapat menampilkan nilai f_0 yang telah ditetapkan sebelumnya. Nilai frekuensi natural yang diperoleh dari spektrum HVSR kemudian diolah sehingga diperoleh nilai periode dominan. Nilai frekuensi natural (f_0) di Kelurahan Sendangmulyo berkisar antara 1,280 Hz hingga 18,504 Hz dan nilai periode dominan (T_0) berkisar antara 0,054 s sampai 0,781 s. Berdasarkan nilai frekuensi natural dan periode dominannya, Kelurahan Sendangmulyo memiliki jenis tanah yang keras, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah sangat lunak.

Kata kunci: Mikrotremor, Scilab, HVSR, frekuensi natural, periode dominan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin. Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam senantiasa terhatur kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah mengangkat derajat manusia dari zaman jahiliyyah hingga zaman islamiyyah, dan yang selalu dinantikan syafaatnya.

Skripsi yang berjudul “Penentuan Klasifikasi Tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang Berdasarkan Metode HVSR Menggunakan Scilab” disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam ilmu Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini melibatkan banyak pihak yang memberikan pengarahan, bimbingan, dan bantuan yang sangat berarti. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Agus Sudarmanto, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

4. Muhammad Izzatul Faqih, M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
5. Andi Fadllan, S.Si., M.Sc. dan Hartono, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II.
6. Retno Pratiwi Adi, S.E., selaku Sekretaris Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang yang telah menerima dan memberikan izin peneliti dalam melakukan penelitian.
7. Orangtua tercinta, Almh. Ibunda Ekaning Winanti Rahayu Susilowati dan ayahanda Ihya Udin Haceha yang senantiasa memberikan doa terbaik dan segala hal sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di tingkat universitas.
8. Kakakku tersayang, Ghani Ghaffar Garaudy yang selalu memberikan doa, motivasi, dan selalu sabar mendengarkan keluh kesah penulis saat penyusunan skripsi.
9. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Fisika angkatan 2017 yang memberikan dukungan selama perkuliahan (khususnya teman-teman Geofisika).
10. Teman-teman Geofisika angkatan 2018 yang membantu proses akuisisi data di lapangan.
11. Teman-teman HMGI Wilayah 3, Beswan Djarum '35, Grup Kita Semua Keren, Zahra, dan Cecil yang memberikan

motivasi dan bersedia meluangkan waktu untuk berdiskusi bersama.

12. Semua pihak yang turut membantu dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan yang telah dilakukan. Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun diperlukan untuk menyempurnakan kualitas skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Semarang, 9 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA PEMBIMBING.....	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian.....	8
E. Batasan Masalah.....	9
BAB II LANDASAN PUSTAKA	10
A. Kajian Teori	10
1. Konsep Dasar Gelombang Seismik	10
2. Mikrotremor	14
3. Transformasi Fourier.....	17
4. Metode HVSR (<i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>).....	19
5. Frekuensi Natural (f_0)	25
6. Periode Dominan (T_0)	27
7. Kondisi Geologi Daerah Penelitian	29
B. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	38
A. Jenis Penelitian.....	38
B. Tempat dan Waktu Penelitian	38
1. Tempat Penelitian.....	38
2. Waktu Penelitian.....	39
C. Instrumen Penelitian.....	40
1. <i>Software</i> (Perangkat Lunak).....	40

2. <i>Hardware</i> (Perangkat Keras)	41
D. Metode Pengumpulan Data	41
E. Prosedur Penelitian.....	43
1. Pembuatan Sinyal Sintetis	43
2. Proses FFT (<i>Fast Fourier Transform</i>)	43
3. <i>Filtering Noise</i>	44
4. Menghitung Rasio $\frac{H}{V}$ dan <i>Plotting</i> Spektrum HVSr	44
5. Pengujian Baris Kode Terhadap Data Sintetis	44
F. Teknik Analisis Data.....	46
1. Pembacaan Data Lapangan.....	46
2. Pengolahan Data Lapangan	46
3. Pemetaan Mikrozonasi Frekuensi Natural (f_0) dan Periode Dominan (T_0)	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	48
A. Penyusunan Baris Kode dan Pengujiaannya Terhadap Data Sintetis.....	48
B. Pengolahan Data Lapangan.....	56
1. Frekuensi Natural (f_0).....	59
2. Periode Dominan (T_0).....	63
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	67
A. Simpulan	67
B. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sumber Mikrotremor Berdasarkan Frekuensi Menurut Gutenberg dan Asten	15
Tabel 2.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Natural Mikrotremor oleh Kanai	26
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah Kanai-Omote Nakajima	28
Tabel 3.1	Tahapan Penelitian	40
Tabel 3.2	Pedoman Pelaksanaan Akuisisi Data Mikrotremor	42
Tabel 4.1	Nilai Frekuensi Natural dan Periode Dominan di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang	59
Tabel 4.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Natural di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang	60
Tabel 4.3	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Periode Dominan di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Peta Tektonik dan Topografi Kepulauan Indonesia dan Daerah Sekitarnya	2
Gambar 1.2	Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah	3
Gambar 2.1	Penyebaran Energi Gempa Bumi	11
Gambar 2.2	Representasi Gelombang Badan	12
Gambar 2.3	Representasi Gelombang Permukaan	14
Gambar 2.4	Penggambaran Metode HVSR	20
Gambar 2.5	Model Cekungan yang Berisi Material Halus	22
Gambar 2.6	Hubungan Komponen Horizontal, Vertikal, dan H/V untuk Mikrotremor dan untuk Gelombang Rayleigh	24
Gambar 2.7	Peta Geologi Kota Semarang	30
Gambar 3.1	Titik Akuisisi Data	39
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1	Sinyal Sintetis	49
Gambar 4.2	Hasil FFT Sinyal Sintetis	50
Gambar 4.3	Sinyal Sintetis pada Komponen Horisontal (EW dan NS) dan Vertikal (Z)	51
Gambar 4.4	Besar Frekuensi dan Banyak Komponen Frekuensi Sinyal Sintetis	52
Gambar 4.5	Perbandingan Komponen EW	53
Gambar 4.6	Proses Perhitungan Rasio H/V Sinyal Sintetis	55
Gambar 4.7	Data Mikrotremor Pada Titik T7 yang Terekam dalam Tiga Komponen	56
Gambar 4.8	Komponen EW pada Titik T7 Sebelum dan Sesudah Difilter	57
Gambar 4.9	Hasil <i>Plotting</i> Spektrum HVSR dan Nilai f_0 di Titik T7	58

Gambar 4.10	Peta Mikrozonasi Frekuensi Natural (f_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang	62
Gambar 4.11	Peta Mikrozonasi Periode Dominan (T_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang	66

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Surat Izin Riset 75
Lampiran 2	Baris Kode Metode HVSR pada Scilab 76
Lampiran 3	Spektrum HVSR di 20 Titik Penelitian 79
Lampiran 4	Peta Geologi Kota Semarang 89
Lampiran 5	Peta Mikrozonasi Frekuensi Natural (f_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang 90
Lampiran 6	Peta Mikrozonasi Periode Dominan (T_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang 91
Lampiran 7	Dokumentasi 92

BAB I

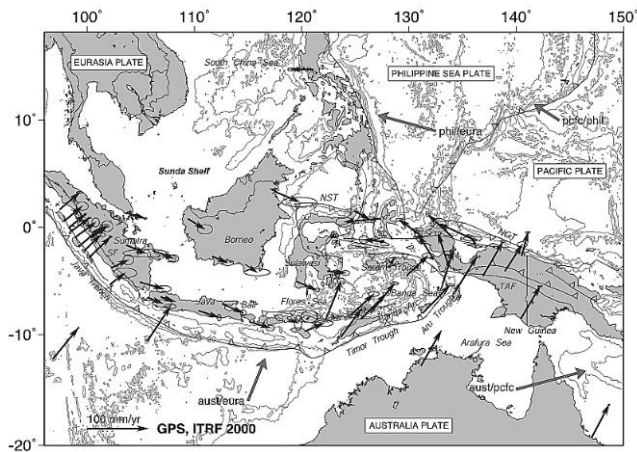
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

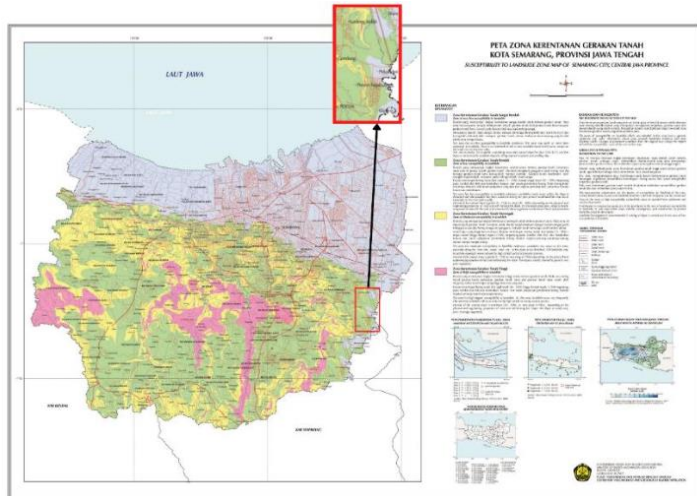
Letak Indonesia secara geologis yang berada pada pertemuan tiga lempeng aktif membuat Indonesia sering diguncang gempa bumi. Ketiga lempeng aktif tersebut bergerak dengan kecepatan dan arah tertentu seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.1. Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara dengan kecepatan ± 7 cm/tahun, Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat dengan kecepatan ± 11 cm/tahun, dan Lempeng Eurasia yang resultan sistem kinematikanya menuju arah barat daya dengan kecepatan 13 cm/tahun (EGSAUGM, 2020). Tumbukan maupun gesekan antar lempeng merupakan efek dari pergerakan lempeng tersebut, dan pelepasan akumulasi energi akibat tumbukan antar lempeng yang tidak dapat ditahan oleh permukaan bumi mengakibatkan terjadinya gempa bumi (Febriani, Daruwati, & Hantika, 2013).

Aktivitas seismik di Pulau Jawa didominasi oleh aktivitas daerah subduksi di bagian selatan Jawa dan sesar-sesar di darat. Kota Semarang yang terletak di sebelah utara Pulau Jawa relatif lebih aman karena jauh dari episenter gempa bumi yang berada di pusat subduksi

selatan Jawa. Lokasi yang jauh dari episenter gempa bumi tidak membuat Kota Semarang terbebas dari gempa bumi besar. Berdasarkan data katalog kegempaan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, gempa bumi pernah terjadi di Semarang pada 19 Januari 1856 dengan skala VI-VII MMI dan menyebabkan kerusakan pada bangunan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan Hidayat (2013), adanya aktivitas dari sesar aktif diprediksi sebagai penyebab dari gempa bumi tersebut, dan sesar yang terdapat di Kota Semarang masih aktif atau berpotensi aktif di masa mendatang.



Gambar 1.1 Peta tektonik dan topografi Kepulauan Indonesia dan daerah sekitarnya (Bock *et al.*, 2003)



Gambar 1.2 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah (PVMBG n.d, diakses 27 Agustus 2021)

Kelurahan Sendangmulyo terletak di Kecamatan Tembalang Kota Semarang, memiliki morfologi berbukit-bukit dengan topografi berupa dataran tinggi dan dataran rendah. Berdasarkan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah pada Gambar 1.2, daerah Kelurahan Sendangmulyo memiliki tingkat kerawanan gerakan tanah rendah hingga tinggi dengan kemiringan lereng landai (5%-15%), agak terjal (30%-50%), sampai curam hingga hampir tegak (>70%). Daerah yang memiliki morfologi berbukit-bukit rawan terhadap bencana gempa bumi, karena getaran akibat gempa bumi dapat mengakibatkan pergerakan tanah. Pasektiono (2016) dan Fitriani, Tjahjono, & Sanjoto (2018) melakukan penelitian tentang identifikasi dan

pemetaan daerah rawan gerakan tanah berupa longsor di Kecamatan Tembalang, hasilnya menunjukkan bahwa Kelurahan Sendangmulyo merupakan daerah dengan tingkat kerawanan sedang. Kelurahan Sendangmulyo juga merupakan kelurahan padat penduduk dengan kepadatan penduduk 11.407 jiwa/km² berdasarkan data tahun 2019. Kepadatan penduduk juga berhubungan dengan risiko korban yang akan terdampak akibat suatu bencana.

Tingkat kerusakan akibat dari bencana gempa bumi bergantung pada kondisi geologi lokal yang mempengaruhi gerakan tanah (Lantu *et al.*, 2018). Dalam kajian kegempaan, sifat batuan yang lunak memiliki risiko yang tinggi ketika diguncang gempa bumi karena mengalami penguatan (amplifikasi) gelombang yang lebih besar daripada jenis batuan dengan sifat yang lebih kompak. Usaha paling baik yang dapat dilakukan saat ini adalah upaya mitigasi bencana gempa bumi untuk melakukan pengkajian terhadap rencana tata ruang dan wilayah. Memahami struktur bawah permukaan tanah dilakukan sebagai salah satu upaya mitigasi bencana.

Mengetahui struktur bawah permukaan tanah secara tepat dapat dilakukan dengan cara pengeboran. Namun, kekurangan dari pengeboran adalah memerlukan biaya yang tinggi dan proses yang cukup rumit. Salah satu metode untuk mengetahui gambaran bawah permukaan

tanah adalah metode mikrotremor. Mikrotremor merupakan metode geofisika pasif, yang tidak memerlukan sumber getaran buatan saat akuisisi data. Metode ini memanfaatkan getaran lemah di bawah permukaan yang berlangsung terus menerus akibat adanya sumber getaran dari sumber alamiah (angin, gelombang laut), aktivitas manusia, lalu lintas, dan industri. Metode mikrotremor adalah alat yang sesuai untuk memperkirakan efek geologi permukaan akibat gerakan seismik walau tanpa informasi geologi lainnya (Nakamura, 2008). Hasil dari akuisisi data dapat menggambarkan kondisi geologi bawah permukaan suatu daerah.

Salah satu metode pengolahan data mikrotremor yaitu metode HVSR. Metode ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi struktur tanah (Nakamura, 2000). Parameter metode HVSR yang diidentifikasi adalah frekuensi natural (f_0) dan nilai penguatan gelombang atau amplifikasi (A_0), dan selanjutnya dilakukan penghitungan periode dominan tanah (T_0).

Nilai frekuensi natural (f_0) dan periode dominan (T_0) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah atau kondisi bawah permukaan dari metode HVSR. Tanjung, Yuniarto, & Widyawarman (2019) menjelaskan bahwa semakin besar

nilai f_0 menunjukkan bahwa lapisan tanah tersebut tersusun dari batuan yang keras, sedangkan semakin rendah nilai f_0 menunjukkan bahwa batuan penyusunnya terdiri dari batuan yang lunak. Nilai T_0 juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kekerasan batuan penyusun di suatu daerah. Nilai T_0 memiliki keterkaitan dengan f_0 , yaitu nilai T_0 berbanding terbalik dengan nilai f_0 . Nilai T_0 yang besar menunjukkan bahwa lapisan tanah tersusun dari tanah lunak, sedangkan nilai T_0 kecil menunjukkan bahwa lapisan tanah tersusun dari batuan keras.

Pengolahan data mikrotremor dengan metode HVSR dapat dilakukan menggunakan beberapa *software* seperti Geopsy, EasyHVSR, dan lain-lain. Pengolahan data mikrotremor juga dapat dilakukan menggunakan *software* Matlab. Namun, untuk menggunakan Matlab secara legal diperlukan lisensi dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Alternatif *software* lain yang dapat digunakan adalah Scilab.

Scilab adalah perangkat lunak yang berfungsi untuk komputasi numerik dan visualisasi data seperti Matlab, namun dengan lisensi yang bebas biaya. Scilab dikembangkan oleh INRIA (*Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique*) dan ENPC (*École*

Nationale des Ponts et Chaussées), Perancis, dan kemudian dikelola oleh konsorsium Scilab (Sasongko, 2010).

Penelitian mikrotremor dengan metode HVSR sebelumnya telah dilakukan oleh Arifin *et al.* (2014) di Liwa, Sari (2016) di jalur sesar Sungai Oyo, Utami (2017) di Kecamatan Gantiwarno dan Kecamatan Prambanan, Rizky (2019) di Kampus UIN Walisongo Semarang, Yuliawati *et al.* (2019), dan Zulianto (2020) di Kelurahan Bendungan dengan memanfaatkan *software* Matlab dan/atau Geopsy dalam proses pengolahan data. Belum ditemukan penelitian mikrotremor metode HVSR di Kelurahan Sendangmulyo dan pengolahan data menggunakan *software* Scilab. Dalam penelitian ini akan data mikrotremor akan diolah metode HVSR menggunakan *software* Scilab untuk mendapatkan nilai f_0 dan T_0 yang kemudian menghasilkan klasifikasi jenis tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan baris kode pengolahan data mikrotremor metode HVSR menggunakan Scilab dan hasil pengujiannya menggunakan data sintetis?

2. Berapakah nilai frekuensi natural dan periode dominan di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang?
3. Bagaimana klasifikasi tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk membuat baris kode pengolahan data mikrotremor metode HVSR di Scilab dan hasil pengujiannya menggunakan data sintetis
2. Untuk mengetahui nilai frekuensi natural dan periode dominan di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang.
3. Untuk mengetahui klasifikasi tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi tentang frekuensi natural, periode dominan dan kelas tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kecamatan Tembalang Kota Semarang.
2. Data hasil penelitian menjadi sumber informasi untuk keperluan mitigasi bencana alam dalam perencanaan pemanfaatan lahan dan perencanaan pembangunan gedung atau bangunan lain.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Data mikrotremor yang digunakan berupa data yang direkam melalui pengukuran langsung di Kelurahan Sendangmulyo Kecamatan Tembalang Kota Semarang.
2. Data mikrotremor diolah dengan metode HVSR menggunakan *software* Scilab versi 6.1.0 untuk mendapatkan nilai frekuensi natural dan periode dominan.
3. Pengambilan data mikrotremor mengacu pada aturan yang telah ditetapkan oleh *SESAME European Research Project*.

BAB II

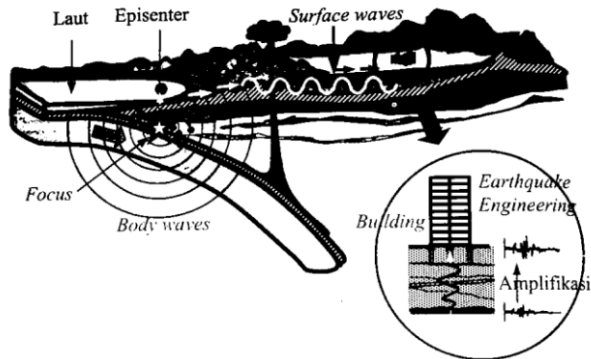
LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Konsep Dasar Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang yang menjalar dari dalam permukaan bumi yang terjadi akibat adanya deformasi struktur bumi berupa tarikan maupun tarikan bumi. Gelombang ini termasuk gelombang mekanik yang membutuhkan medium dalam perambatannya. Deteksi gelombang seismik dapat dilakukan dengan alat seismograf.

Pecahnya massa batuan akibat gerakan lempeng tektonik menyebabkan suatu peristiwa mekanik yang disebut dengan gempa bumi. Menurut Pawirodikromo (2012), pelepasan energi (*released energy*) berupa energi gelombang gempa yang sangat besar terjadi saat patah atau pecahnya massa batuan. Energi gelombang gempa menyebar dari fokus menuju ke segala arah seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Gempa bumi memiliki potensi daya rusak terhadap bangunan atau sarana yang berada di permukaan bumi, namun efek kerusakan yang ditimbulkan bergantung pada batuan penyusun permukaan.



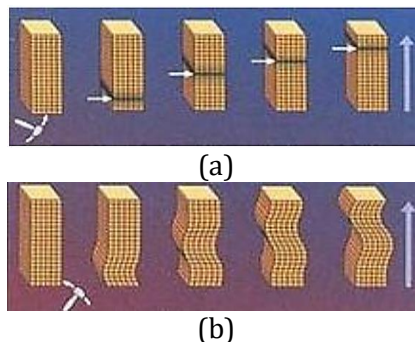
Gambar 2.1 Penyebaran energi gempa bumi (Pawirodikromo, 2012)

Gelombang seismik dibagi menjadi dua, yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*) (Telford, Geldart, & Sheriff, 2004).

a. Gelombang badan (*body wave*)

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar di dalam permukaan bumi dan merambat ke segala arah. Berdasarkan gerak partikel pada medium dan arah penjalarannya, gelombang badan dibagi menjadi dua, yaitu Gelombang Primer (*P-wave*) dan Gelombang Sekunder (*S-wave*) yang direpresentasikan pada Gambar 2.2. Gelombang primer merupakan gelombang longitudinal yang memiliki arah gerak partikel yang searah dengan rambatan gelombang,

sehingga batuan dapat mampat (*compression*) dan merenggang (*dilatation*). Kecepatan gelombang primer merupakan yang tertinggi sehingga gelombang ini tercatat pertama kali pada stasiun gempa ketika terjadi gempa bumi. Gelombang sekunder disebut juga sebagai gelombang transversal, karena memiliki arah gerak partikel yang tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang. Gelombang sekunder masih terbagi menjadi dua, yaitu gelombang S-V yang arah perambatannya vertikal dengan gerakan partikel horisontal dan gelombang S-H yang arah perambatannya horisontal dan partikelnya juga bergerak ke arah horisontal (Pawirodikromo, 2012).

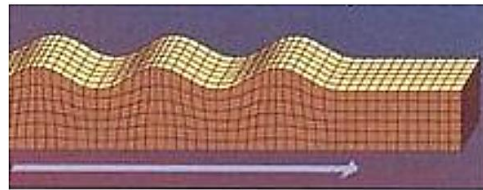


Gambar 2.2 Representasi gelombang badan
(a) Gelombang Primer, (b) Gelombang Sekunder (Museum Merapi 2010, diakses 21 Mei 2021)

b. Gelombang permukaan (*surface wave*)

Gelombang permukaan adalah gelombang yang merambat di permukaan bumi. Gelombang ini memiliki frekuensi yang rendah tetapi memiliki amplitudo yang besar saat merambat karena adanya permukaan antara bumi dan udara yang diasumsikan sebagai ruang hampa. Gelombang permukaan merambat lebih lambat dari gelombang badan, tetapi menyebabkan lebih banyak kerusakan. Pada Gambar 2.3, digambarkan dua tipe gelombang permukaan, yaitu Gelombang Rayleigh dan Gelombang Love. Gelombang Rayleigh merupakan hasil interferensi antara gelombang P dan gelombang S-V. Gerakan gelombang Rayleigh menyerupai elips serta tegak lurus dengan permukaan dan arah rambatannya. Amplitudo gelombang ini akan berkurang secara eksponensial terhadap kedalaman lapisan tanah (Telford, Geldart, & Sheriff, 2004). Gelombang Love terbentuk akibat dari adanya interferensi gelombang S-H. Efek gelombang Love akan menjadi lebih kecil pada titik yang semakin dalam dari permukaan tanah. Gelombang ini memiliki efek geser horisontal tegak lurus terhadap perambatan gelombang di tanah dan tidak ada

gerakan secara vertikal. Gelombang Love akan membuat bangunan tampak berguncang atau bergetar secara horisontal (Pawirodikromo, 2012).



(a)



(b)

Gambar 2.3 Representasi gelombang permukaan
(a) Gelombang Rayleigh, (b)
Gelombang Love (Museum Merapi
2010, diakses 21 Mei 2021)

2. Mikrotremor

Beberapa peneliti menyampaikan pendapatnya tentang definisi dari mikrotremor. Menurut Okada dan Suto (2003), mikrotremor adalah getaran konstan dari permukaan bumi yang amplitudonya sangat kecil. Pendapat lain dikemukakan oleh Motamed dan Ghalandarzadeh (2004), bahwa mikrotremor adalah getaran *ambient* dari tanah yang bersumber dari penyebab alamiah atau gangguan

buatan. Rahmaningtyas (2017) menyatakan, mikrotremor juga dapat diartikan sebagai getaran harmonik yang disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah atau kegiatan alam lainnya yang terjadi secara kontinyu yang terjebak di lapisan sedimen permukaan, kemudian dipantulkan oleh bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap. Mikrotremor disebabkan oleh kegiatan harian manusia seperti mesin industri, penggunaan alat transportasi, orang berjalan, dan juga fenomena alam seperti aliran air di sungai, hujan, angin, gelombang laut, dan fenomena atmosfer (Okada dan Suto, 2003; Motamed dan Ghalandarzadeh, 2004). Gutenberg dan Asten membagi frekuensi mikrotremor berdasarkan sumbernya seperti yang tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sumber mikrotremor berdasarkan frekuensi menurut Gutenberg dan Asten (SESAME, 2004;Haerudin, Alami, & Rustadi, 2019)

No.	Sumber Mikrotremor	Gutenberg	Asten
1.	Gelombang laut sepanjang bibir pantai	0,05 – 0,1 Hz	0,5 – 1,2 Hz
2.	Gangguan cuaca skala besar (Monsom)	0,1 – 0,25 Hz	0,16 – 0,5 Hz
3.	Siklon laut	0,3 – 1 Hz	0,5 – 3 Hz
4.	Kondisi cuaca lokal	1,4 – 5 Hz	
5.	Getaran vulkanik	2 – 10 Hz	
6.	Kepadatan penduduk	1 – 100 Hz	1,4 – 30 Hz

Nakamura (1989) menjelaskan bahwa pada tanah keras amplitudo getaran pada arah horisontal dan vertikal sama, sedangkan pada tanah lunak amplitudo getaran pada arah horisontal lebih besar daripada pada arah vertikal. Amplitudo getaran teramplifikasi pada lapisan lunak di atas batuan keras, atau dapat dikatakan pada lapisan permukaan terjadi multi-refleksi. Pada arah horisontal, getaran teramplifikasi karena adanya multi-refleksi gelombang S, sedangkan getaran vertikal terjadi akibat multi-refleksi gelombang P. Cepat rambat gelombang P umumnya lebih dari 1000 m/s, dan getaran sebesar ≤ 10 Hz tidak teramplifikasi secara signifikan pada lapisan permukaan dengan ketebalan 10 m.

Penelitian yang memanfaatkan mikrotremor dilakukan oleh Sungkono *et al.*, (2011) untuk mengukur kekuatan struktur bangunan ketika terjadi gempa bumi di Pare, Jawa Timur, menggunakan metode RDM (*Random Decrement Method*) dan metode FSR (*Floor Spectral Ratio*). Koesuma *et al.*, (2017) memanfaatkan pengukuran mikrotremor untuk memperkirakan kedalaman batuan dasar (*bedrock*) di Solo, Jawa Tengah menggunakan metode *Spatial Autocorrelation* (SPAC). Mikrotremor juga

dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik bawah permukaan manifestasi panas bumi. Analisis tersebut dilakukan berdasarkan nilai kecepatan gelombang P (v_p) dan kecepatan gelombang S (v_s) yang dihasilkan dari inversi kurva H/V (Arintalofa, Yuliyanto, & Harmoko, 2020).

3. Transformasi Fourier

Transformasi Fourier dalam pengukuran mikrotremor digunakan untuk mengubah gelombang seismik dalam domain waktu menjadi domain frekuensi. Dalam transformasi Fourier, sebuah sinyal dibagi menjadi frekuensi yang berbeda dalam fungsi eksponensial kompleks yang terkait dengan persamaan:

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \quad (1)$$

$$\cos \theta = \frac{1}{2}(e^{i\theta} + e^{-i\theta}); \sin \theta = \frac{1}{2i}(e^{i\theta} - e^{-i\theta}) \quad (2)$$

Misal $f(\theta)$ adalah fungsi kompleks, dimana f periodik dengan periode 2π , maka $f(\theta)$ dapat diuraikan dalam deret Fourier sebagai berikut:

$$f(\theta) = f(\theta + 2\pi) \quad (3)$$

$$f(\theta) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) \quad (4)$$

dengan $\frac{1}{2}a_0$ merupakan koefisien. Jika $n = 0$, maka $\cos n = 1$, dan $\sin 0 = 0$, sehingga $b_0 = 0$. Dengan

menggunakan fungsi eksponensial, maka Persamaan (4) menjadi:

$$f(\theta) = C_n \sum_{n=-\infty}^{\infty} (e^{in\theta}) \quad (5)$$

Dengan mengalikan kedua sisi dengan $e^{-ik\theta}$ dan mengintegrasikan kedua sisi dengan batas π sampai $-\pi$, Persamaan (5) dapat digunakan untuk menentukan koefisien Fourier, sehingga:

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(\theta) e^{-ik\theta} d\theta = \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} C_n (e^{i(n-k)\theta}) d\theta \quad (6)$$

dengan:

$$\int_{-\pi}^{\pi} e^{i(n-k)\theta} d\theta = \begin{cases} 2\pi, n = k \\ 0, n \neq k \end{cases} \quad (7)$$

Persamaan (7) memiliki nilai hanya ketika nilai $n = k$, dengan $2\pi = T$, dan $\theta = \omega_0 t$. Koefisien Fourier dari sinyal periodik dengan interval $\frac{-T}{2} < t < \frac{T}{2}$ didefinisikan sebagai:

$$C_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(\theta) e^{-ik\omega_0 t} d\theta \quad (8)$$

Ketika T bertambah besar maka ω_0 bertambah kecil, sehingga jarak antar koefisien Fourier akan semakin kecil. Jika $C_k T = X(f)$, dan saat T mendekati tak hingga, maka Transformasi Fourier dinyatakan sebagai:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi f t} dt \quad (9)$$

dengan:

$x(t)$ = sinyal dalam domain waktu

$e^{-j2\pi ft}$ = fungsi kernel

$X(f)$ = fungsi dalam domain frekuensi

f = frekuensi

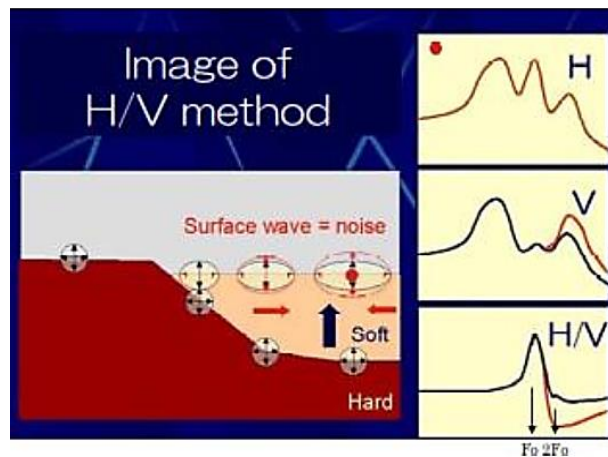
Persamaan (9) adalah persamaan yang digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi.

4. Metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)

Metode HVSR dikembangkan oleh Nakamura (1989) dengan menghubungkan antara hasil pengeboran dan perekaman getaran tanah di berbagai kondisi geologi. Nakamura membuat hipotesis bahwa komponen vertikal dari *ambient noise* membawa karakteristik dari lapisan sedimen hingga lapisan permukaan, dan pada lapisan sedimen *ambient noise* tersebut dipengaruhi oleh gelombang Rayleigh. Identifikasi frekuensi resonansi dan faktor amplifikasi pada lapisan sedimen dapat dilakukan secara efektif. Penelitian yang pernah dilakukan oleh Ohmachi *et. al.*, (1991), Lermo *et. al.*, (1992), Field dan Jacob (1993) menunjukkan bahwa rasio $\frac{H}{V}$ dapat digunakan untuk mengidentifikasi frekuensi

resonansi dan faktor amplifikasi dari lapisan sedimen (Nakamura, 2000).

Rasio spektral dari $\frac{H}{V}$ merupakan estimasi rasio antara spektrum amplitudo komponen horisontal dan vertikal dari suatu getaran. Spektrum $\frac{H}{V}$ akan menunjukkan frekuensi resonansi/frekuensi dasar (f_0) dan nilai puncak HVSR yang merepresentasikan karakteristik dinamis lapisan sedimen sehingga kerusakan yang diakibatkan oleh kondisi geologi tertentu di suatu wilayah dapat dikurangi ketika terjadi gempa bumi (Nubatonis, Sianturi, & Bernandus, 2017).

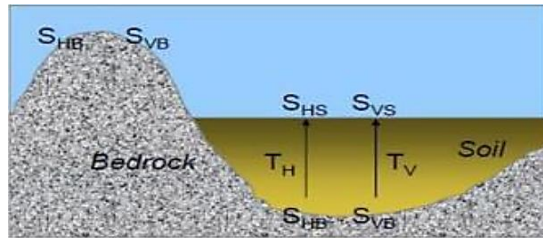


Gambar 2.4 Penggambaran metode HVSR (Nakamura, 2008)

Gambar 2.4 memperlihatkan bahwa getaran di tanah keras frekuensi dan arahnya sama. Nakamura (2008) menjelaskan bahwa pada komponen horisontal teramplifikasi, sedangkan komponen vertikal tidak teramplifikasi. Pada kondisi tanah seperti ini, penting untuk meninjau distribusi gelombang Rayleigh pada lapisan permukaan. Gempa bumi disebabkan oleh gelombang badan dan apabila Gelombang Rayleigh menyebabkan kerusakan, yang ditimbulkan hanyalah kerusakan ringan. Maka, perlu dipahami fenomena energi gelombang badan yang terperangkap di lapisan permukaan. Fenomena tersebut ialah amplifikasi getaran gempa bumi yang disebut multi-refleksi.

Pengukuran mikrotremor untuk metode HVSR memerlukan seismometer dengan tiga komponen yang merekam dua komponen horisontal dan satu komponen vertikal. Dua komponen horisontal yang diukur adalah komponen NS (*North-South*) dan komponen EW (*East-West*), sedangkan komponen vertikal adalah komponen UD (*Up-Down*). Pengukuran dilakukan secara langsung, yaitu sumber yang berasal dari alam dan tidak memerlukan sumber buatan (Haerudin, Alami, & Rustadi, 2019).

Terdapat empat elemen gerakan tanah, yaitu elemen gerak horisontal dan vertikal di batuan dasar dan elemen gerak horisontal dan vertikal di permukaan tanah yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Model cekungan yang berisi material halus (Slob, 2007)

Perbandingan spektrum $\frac{H}{V}$ sebagai fungsi frekuensi berhubungan dengan fungsi perpindahan. T_H dan T_V adalah faktor amplifikasi atau amplitudo dari gerakan horisontal dan vertikal pada permukaan tanah yang bersentuhan langsung dengan batuan dasar di area cekungan (Nakamura, 2000). Besar faktor amplifikasi horisontal (T_H) dapat ditulis dalam persamaan:

$$T_H = \frac{S_{HS}}{S_{HB}} \quad (10)$$

dengan S_{HS} adalah spektrum komponen gerak horisontal di permukaan tanah, dan S_{HB} adalah spektrum komponen gerak horisontal di dasar

lapisan tanah. Besar faktor amplifikasi vertikal (T_V) ditulis dalam persamaan:

$$T_V = \frac{S_{VS}}{S_{VB}} \quad (11)$$

dengan S_{VS} adalah spektrum komponen gerak vertikal di permukaan tanah, dan S_{VB} adalah spektrum komponen gerak vertikal di dasar lapisan tanah.

Gelombang Rayleigh yang merambat pada lapisan sedimen di atas lapisan batuan dasar adalah gelombang yang paling utama yang terdapat pada mikrotremor. Pada rentang frekuensi $0,2 H_z - 20,0 H_z$, pengaruh dari gelombang Rayleigh pada rekaman mikrotremor besarnya sama untuk komponen horisontal dan komponen vertikal, sehingga nilai rasio spektrum antara komponen horisontal dan komponen vertikal di batuan dasar mendekati satu (Nakamura, 2000).

$$\frac{S_{HB}}{S_{VB}} = 1 \quad (12)$$

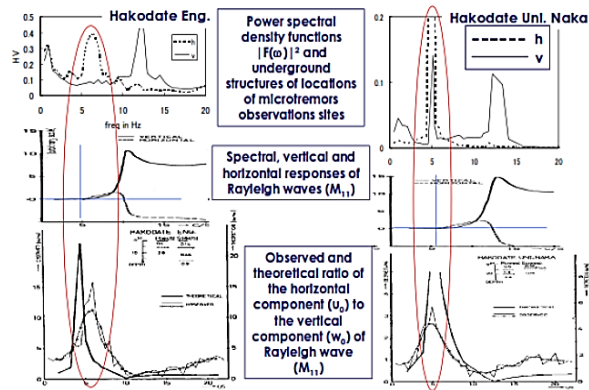
Nilai rasio spektrum komponen horisontal dengan komponen vertikal yang mendekati satu membuat gangguan yang terekam pada permukaan lapisan tanah akibat efek gelombang Rayleigh dapat dihilangkan, sehingga hanya ada pengaruh yang disebabkan oleh struktur geologi lokal atau *site effect*

(T_{SITE}) . T_{SITE} menunjukkan puncak amplifikasi pada frekuensi dasar di suatu lokasi (Slob, 2007).

$$T_{SITE} = \frac{T_H}{T_V} = \frac{S_{HS}}{S_{VS}} \quad (13)$$

Pengukuran yang dilakukan di lapangan mengukur dua komponen horisontal, yaitu komponen horisontal utara-selatan (NS) dan komponen horisontal timur-barat (EW). Persamaan HVSR kemudian dapat ditulis menjadi:

$$HVSR = T_{SITE} = \frac{\sqrt{(NS^2 + EW^2)/2}}{UD} \quad (14)$$



Gambar 2.6 Hubungan komponen horisontal, vertikal, dan H/V untuk mikrotremor dan untuk gelombang Rayleigh (Nakamura, 2008)

Gambar 2.6 menunjukkan bahwa energi dari gelombang Rayleigh pada puncak nilai $\frac{H}{V}$ bernilai kecil, bahkan dapat dikatakan tidak ada energi yang

muncul pada puncak $\frac{H}{V}$. Rasio $\frac{H}{V}$ menggambarkan karakteristik amplifikasi oleh multi-refleksi gelombang S-H di sekitar f_0 , dan menggambarkan karakteristik yang tercampur oleh gelombang Rayleigh di sekitar $2f_0$. Efek kecil dari gelombang Rayleigh mungkin untuk memperkirakan tidak hanya puncak pertama, tapi juga puncak selanjutnya dari karakteristik amplifikasi yang disebabkan oleh multi-refleksi pada spektrum rasio $\frac{H}{V}$.

5. Frekuensi Natural (f_0)

Frekuensi natural (f_0) adalah nilai frekuensi lapisan batuan di suatu wilayah yang dapat menggambarkan karakteristik bawah permukaan (Pancawati, 2016). Apabila terdapat gempa atau getaran yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi natural daerah setempat, maka akan mengakibatkan resonansi yang dapat menguatkan gelombang seismik di daerah tersebut (Tanjung, Yuniarto, & Widyawarman, 2019).

Nilai frekuensi natural (f_0) pada Tabel 2.2 digunakan untuk mengklasifikasi jenis tanah. Dari klasifikasi tersebut dapat digunakan dalam bidang mitigasi bencana, yaitu untuk merancang struktur

bangunan tahan gempa di suatu wilayah disesuaikan dengan jenis tanah penyusunnya (Tuladhar, Cuong, & Yamazaki, 2004).

Tabel 2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi natural mikrotremor oleh Kanai (Arifin *et al.*, 2014)

Klasifikasi Tanah		Frekuensi Natural (Hz)	Penyusun	Deskripsi
Type	Jenis			
Type IV	Jenis I	6,667 – 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy, gravel</i> , dan lainnya	Ketebalan sedimen permukaan sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
Type III	Jenis II	4,0 – 6,667	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy, gravel</i> , dan lainnya	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori menengah, 5 – 10 m
Type II	Jenis III	2,5 – 4,0	Batuan aluvial, dengan ketebalan lebih dari 5 m. terdiri dari <i>sandy gravel, sandy hard clay, loam</i> , dan lainnya	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 – 30 m
Type I	Jenis IV	Kurang dari 2,5	Batuan aluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpur, dan lainnya. Kedalaman ≥ 30 m	Ketebalan sedimen permukaan sangatlah tebal

6. Periode Dominan (T_0)

Periode dominan (T_0) adalah waktu yang dibutuhkan getaran untuk merambat melewati suatu lapisan sedimen permukaan atau mengalami satu kali pantulan terhadap bidang pantulnya. Nilai periode dominan yang didapatkan dari perhitungan dapat digunakan untuk menentukan kelas tanah atau sifat lapisan tanah (Ambarsari, 2017). Kanai dan Omote-Nakajima membagi kelas tanah berdasarkan nilai periode dominan, dan ditampilkan dalam Tabel 2.3.

Periode dominan berasal dari getaran yang sangat kecil dan kontinyu yang bersumber dari aktivitas manusia maupun pengaruh alam. Batuan lunak memiliki periode dominan yang panjang, dan begitu sebaliknya, batuan yang keras memiliki periode dominan yang pendek (Edwiza dan Novita, 2008).

Nilai periode dominan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$T_0 = \frac{1}{f_0} \quad (15)$$

dengan:

T_0 = periode dominan (s)

f_0 = frekuensi dominan (Hz)

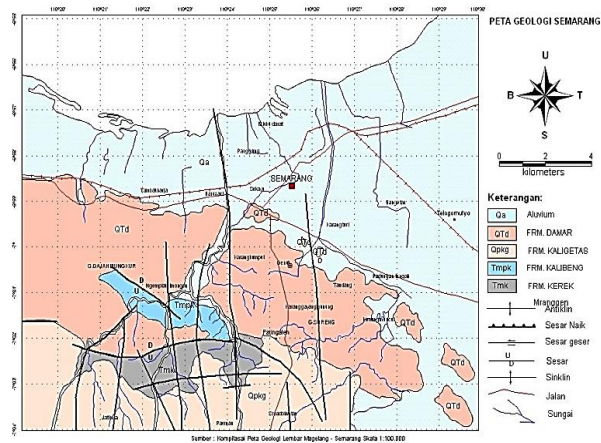
Tabel 2.3 Klasifikasi tanah Kanai – Omote Nakajima
(Ambarsari, 2017)

Klasifikasi Tanah		Periode (s)	Keterangan	Karakter
Kanai	Omote – Nakajima			
Jenis I		0,05 – 0,15	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan pasir berkerikil keras	Keras
Jenis II	Jenis A	0,15 – 0,25	Batuan alluvial dengan ketebalan 5 m. Terdiri dari pasir berkerikil (<i>sandy gravel</i>), lempung keras (<i>sandy hard clay</i>), tanah liat, lempung (<i>loam</i>)	Sedang
Jenis III	Jenis B	0,25 – 0,40	Batuan aluvial hampir sama dengan jenis II hanya dibedakan oleh adanya formasi <i>buff</i>	Lunak
Jenis IV	Jenis C	> 0,40	Batuan aluvial terbentuk dari sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpur, humus, endapan lumpur yang tergolong ke dalam tanah lembek dengan kedalaman 30 m atau lebih	Sangat lunak

7. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Kota Semarang terdiri dari dua bagian, yaitu kota bawah dan kota atas. Kota bawah terletak di bagian utara berupa dataran aluvial pantai berumur Kuarter. Sedangkan kota atas berada di bagian selatan terdiri dari perbukitan yang masih berada pada kaki Gunung Ungaran, dan didominasi oleh batuan vulkanik, batu pasir gunung api, dan breksi berumur Kuarter (Soedarsono, 2012; Wardhana, Harjono, & Sudaryanto, 2015).

Struktur geologi di wilayah Semarang terdiri dari sesar normal, sesar geser, dan sesar naik. Sesar normal relatif berarah barat-timur sebagian agak cembung ke arah utara, sesar geser berarah utara-selatan hingga barat laut-tenggara, dan sesar normal relatif berarah barat-timur. Sejarah kegempaan di Kota Semarang juga berkaitan dengan sesar-sesar yang masih aktif atau berpotensi aktif di masa mendatang (Hidayat, 2013). Selain itu, dengan adanya sesar-sesar tersebut menyebabkan daerah yang dilewati jalur sesar memiliki zona lemah, sehingga daerahnya mudah tererosi dan rawan gerakan tanah (Wardhana, Harjono, & Sudaryanto, 2015). Peta geologi Kota Semarang dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Peta Geologi Kota Semarang (Wardhana, Harjono, & Sudaryanto, 2015)

a. Aluvium (Qa)

Merupakan endapan aluvium pantai, sungai, dan danau. Litologi penyusun endapan pantai terdiri dari lempung, lanau, pasir, dan campuran. Endapan sungai dan danau litologinya terdiri dari kerikil, kerakal, pasir, dan lanau.

b. Formasi Damar (Qtd)

Batuannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik.

c. Formasi Kali Getas (Qpkg)

Batuannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tufa halus sampai kasar. Pada bagian bawah formasi ini ditemukan batu

lempung yang mengandung moluska dan batu pasir tufaan.

d. Formasi Kalibening (Tmkl)

Batuannya terdiri dari napal, batu pasir tufaan, dan batu gamping.

e. Formasi Kerek (Tmk)

Perselingan antara batu lempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik, dan batu gamping.

B. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini antara lain:

1. Penelitian Arifin *et al.*, (2014), menunjukkan bahwa penentuan zona rawan guncangan gempa bumi dapat diketahui dari analisis nilai amplifikasi dan periode dominan. Pengambilan data dilakukan di 32 titik di Liwa, Kabupaten Lampung Barat. Data mikrotremor yang didapat diolah menggunakan *software* Matlab versi R2009a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di daerah Liwa memiliki zona nilai amplifikasi 5 – 6 dengan periode dominan 0,5 s – 0,75 s di wilayah pinggir, dan di pusat Kota Liwa memiliki periode dominan lebih dari 0,75 s. Daerah yang rawan terhadap guncangan gempa bumi adalah Kecamatan

Balikbukit, Kecamatan Batubrak, dan Kecamatan Belalau karena tiga kecamatan tersebut terdapat pada zona amplifikasi tinggi. Pembeda penelitian Arifin *et al.* (2014) dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu lokasi penelitian yang berada di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang, dan data mikrotremor yang didapatkan akan diolah menggunakan *software* Scilab versi 6.1.0.

2. Penelitian Sari (2016), menunjukkan bahwa nilai PGA dan intensitas kegempaan dapat diperoleh dari pengukuran mikrotremor. Lokasi penelitian berada di kawasan jalur sesar Sungai Oyo yang melalui Kabupaten Bantul dan Kabupaten Gunungkidul. Pengukuran dilakukan di 25 titik dengan interval 2 km. Data mikrotremor yang diperoleh diolah menggunakan *software* Geopsy untuk *filtering* gelombang tanpa *noise*, kemudian menggunakan *software* Matlab versi R2008a untuk melakukan analisis dengan algoritma FFT (*Fast Fourier Transform*), *smoothing* data, dan analisis metode HVSR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai PGA tertinggi berada di Kecamatan Imogiri dan Kecamatan Dlingo (Kabupaten Bantul), serta di Kecamatan Playen (Kabupaten Gunungkidul) dengan rentang nilai 232,7 – 363,1 cm/s². Poin pembeda

dengan penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian tidak dilakukan di daerah jalur sesar, tetapi di daerah yang dapat berpotensi mengalami kerusakan apabila terjadi gempa bumi yang dirasakan hingga daerah penelitian. Selain itu, *software* yang digunakan untuk mengolah data mikrotremor adalah Scilab versi 6.1.0, mulai dari pembacaan data, proses FFT, hingga menghitung rasio $\frac{H}{V}$.

3. Penelitian Utami (2017), menunjukkan bahwa pengukuran mikrotremor yang dianalisis menggunakan metode HVSR dapat digunakan untuk menentukan nilai indeks kerentanan seismik. Penelitian dilakukan di Kecamatan Gantiwarno dan Kecamatan Prambanan, Kabupaten Klaten, yang terdampak akibat gempa bumi Bantul 27 Mei 2006. Pengambilan data dilakukan di 33 titik dengan interval 2 km. Data mikrotremor diolah menggunakan *software* Geopsy dan Matlab versi R2008a. *Software* Geopsy digunakan untuk memilih sinyal tanpa *noise* untuk kemudian dilanjutkan menggunakan Matlab untuk analisis FFT (*Fast Fourier Transform*), *smoothing* data dengan metode Konno-Ohmachi, dan analisis HVSR. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa nilai indeks kerentanan seismik tertinggi dengan nilai lebih dari $20 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$. Persentase kerusakan bangunan tertinggi berada pada daerah dengan nilai indeks kerentanan seismik tertinggi yang didominasi oleh Formasi Merapi Muda. Perbedaan penelitian Utami (2017) dengan penelitian yang akan dilakukan adalah daerah cakupan yang hanya satu kelurahan dengan interval titik 500 m. Proses pengolahan data mulai dari pembacaan data mikrotremor hingga penghitungan rasio $\frac{H}{V}$ dilakukan menggunakan *software* Scilab versi 6.1.0, dan cakupannya hanya sampai tahap klasifikasi tanah berdasarkan nilai periode dominan tanah.

4. Penelitian Rizki (2019), menunjukkan bahwa pengukuran mikrotremor dapat digunakan untuk mengetahui ketebalan lapisan sedimen, litologi lapisan sedimen, dan nilai kerentanan gempa. Pengukuran dilakukan di kampus UIN Walisongo Semarang dengan total 39 titik yang dibagi menjadi tiga zona. Pengolahan data hasil pengukuran dilakukan menggunakan metode HVSR untuk memperoleh nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0). Hasil penelitian menunjukkan pada zona pertama memiliki ketebalan lapisan sedimen 5,9

m – 175,78 m, kerentanan gempa 0,05 – 3,12 dan litologinya tersusun dari batu pasir, lempung, lumpur, dan sedimentasi delta. Pada zona kedua memiliki ketebalan lapisan sedimen 10,6 m – 30,23 m, kerentanan gempa 0,13 – 2,35, dan diprediksi tersusun dari batu pasir dan lempung. Zona ketiga memiliki ketebalan lapisan sedimen 5,77 m – 30,89 m, nilai kerentanan gempa 0,17 – 0,76, dan litologinya diprediksi tersusun dari batuan tersier atau batuan keras, batu pasir, dan lempung. Pembeda dengan penelitian yang akan dilakukan adalah pada penelitian Rizki (2019), nilai frekuensi natural pada penelitian yang dilakukan adalah untuk menentukan jenis dan karakteristik tanah di tempat penelitian.

5. Penelitian Yuliawati, Rasimeng, & Karyanto (2019), menunjukkan bahwa pengolahan data mikrotremor dapat dilakukan dengan bantuan *software* Matlab 2013. Penelitian tersebut bertujuan untuk membandingkan hasil pengolahan data menggunakan *software* Geopsy dengan Matlab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai frekuensi dominan, periode dominan, dan PGA yang diolah menggunakan *software* Geopsy dan Matlab memiliki perbedaan yang sangat kecil. Perbedaan nilai frekuensi yang diperoleh disebabkan karena

pengaruh pada proses *windowing* dan dalam proses FFT (*Fast Fourier Transform*). Kelebihan *software* Matlab dalam pengolahan data mikrotremor adalah dapat melakukan pengolahan data sesuai *script* yang dibuat dan proses *running* berlangsung dalam hitungan detik. Penelitian yang akan dilakukan mengolah data mikrotremor menggunakan *software* Scilab versi 6.1.0 dan tidak dilakukan perbandingan hasil rasio $\frac{H}{V}$ dengan *software* lain.

6. Penelitian Zulianto (2020), menunjukkan bahwa untuk mengetahui nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dan kerentanan seismik dapat digunakan metode mikrotremor. Data berupa sinyal mikrotremor dari 16 titik pengukuran di Kelurahan Bendungan Kecamatan Gajahmungkur Kota Semarang, diolah menggunakan metode HVSR sehingga diperoleh kurva $\frac{H}{V}$ yang memuat nilai frekuensi natural dan nilai amplifikasi. Nilai PGA di lokasi penelitian berkisar antara 10,06 gal sampai 75,72 gal dengan intensitas gempa menurut skala MMI sekitar V, VI dan VII MMI, dan nilai kerentanan seismik berkisar 0,17 sampai 15,11. Perbedaan dari penelitian Zulianto (2020) dengan penelitian yang akan dilakukan adalah wilayah yang akan diteliti

adalah Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang. Cakupan pengolahan data mikrotremor metode HVSR hanya menghitung nilai frekuensi natural dan nilai periode dominan tanah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif lapangan, dengan analisis data yang berupa angka. Penelitian di lapangan menggunakan metode mikrotremor, dan dianalisis menggunakan metode HVSR. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi natural dan periode dominan untuk kemudian dilakukan klasifikasi tanah di lokasi penelitian.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian berlokasi di Kelurahan Sendangmulyo, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Lokasi penelitian berada pada bagian berwarna merah pada Gambar 3.1.

a. Titik Pengukuran

Titik pengukuran berjumlah 20 titik dengan jarak antartitik pengukuran yaitu 500 m. Penentuan jarak titik pengukuran mengacu pada pedoman SESAME pada Tabel 3.2, yaitu untuk keperluan mikrozonasi dapat digunakan jarak yang besar.



Gambar 3.1 Titik akuisisi data

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai Bulan April 2021 hingga Bulan April 2022 ditunjukkan dalam Tabel 3.1. Akuisisi data dilakukan pada Bulan Oktober 2021. Waktu akuisisi dilakukan dominan pada saat malam hari, karena minim aktivitas manusia dan gangguan lain yang dapat menyebabkan *noise* pada hasil perekaman data. Namun, pada T3, T4, T9, T8, akuisisi data dilakukan pada saat pagi hingga sore hari, karena

lokasi tersebut adalah perkebunan yang tidak ada aktivitas manusia pada waktu tersebut.

Tabel 3.1 Tahapan penelitian

No.	Kegiatan	Pelaksanaan
1.	Studi literatur	April 2021
2.	Penyusunan proposal penelitian	April – Mei 2021
3.	Survei lokasi dan mengurus perizinan	September 2021 minggu ke-4
4.	Akuisisi data	Oktober 2021 minggu ke-1
5.	Pengolahan dan analisis data	Oktober – Desember 2021
6.	Penyusunan hasil penelitian	Januari - April 2022

C. Instrumen Penelitian

1. *Software* (Perangkat Lunak)

Software yang digunakan adalah:

- a. *Google Earth* untuk membuat peta desain survei.
- b. Scilab versi 6.1.0 untuk pembuatan baris kode dan pengolahan data mikrotremor yang meliputi proses FFT, *filtering noise*, dan menghitung rasio $\frac{H}{V}$.
- c. Microsoft Excel 2019 untuk menghitung nilai periode dominan.
- d. QGIS 3.16 untuk membuat peta mikrozonasi berdasarkan nilai frekuensi natural dan periode dominan.

2. *Hardware* (Perangkat Keras)

Hardware yang digunakan adalah:

- a. Instrumen Velbox SL06 yang digunakan untuk perekaman data.
- b. Aki sebagai sumber tegangan.
- c. Kabel USB/*Ethernet* digunakan untuk menghubungkan laptop dengan instrumen Velbox SL06.
- d. Kabel konektor aki yang digunakan untuk menghubungkan aki dengan instrumen Velbox SL06.
- e. Kompas digunakan untuk menentukan arah mata angin saat melakukan akuisisi data.
- f. Kaki dudukan instrumen Velbox SL06 sebagai penyeimbang instrumen Velbox SL06 dengan permukaan tanah di lokasi perekaman data.
- g. Laptop digunakan untuk akuisisi dan pengolahan data.
- h. GPS untuk menentukan titik koordinat daerah penelitian.

D. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data primer yang didapatkan langsung dari pengukuran di lapangan. Studi literatur dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan

akuisisi data. Proses akuisisi data di lapangan dilakukan dengan mengacu pada pedoman pelaksanaan yang telah ditetapkan oleh SESAME pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pedoman pelaksanaan akuisisi data mikrotremor (SESAME, 2004)

Tipe Parameter	Saran yang Dianjurkan
	f_0 minimum yang dihasilkan (Hz) Durasi pencatatan minimum yang dianjurkan (menit)
Durasi	0,2 30
pencatatan	0,5 20
	1 10
	2 5
	5 3
	10 2
Jarak pengukuran	• <u>Mikrozonasi</u>: dimulai dengan jarak yang besar (misalkan grid 500 m), dan untuk hasil variasi lateral jarak bisa lebih dirapatkan, misalkan grid 250 • <u>Respon tunggal</u>: jangan hanya melakukan pengukuran di satu titik untuk mendapatkan nilai f_0. Gunakan minimal tiga titik pengukuran
<i>Coupling soil</i> – sensor alami (insitu)	• Atur sensor langsung pada permukaan tanah • Hindari penempatan sensor seismograf pada permukaan tanah lunak (lumpur, semak-semak) atau tanah lunak setelah hujan
<i>Coupling soil</i> – sensor buatan atau artifisial	• Hindari permukaan yang terbuat dari bahan lunak seperti karet busa • Pada kemiringan yang curam dan sulit untuk mendapatkan level sensor yang baik, pasang sensor dalam timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir
Keberadaan bangunan atau pohon	• Hindari pengukuran dekat dengan bangunan atau pohon yang tinggi jika tiupan angin ± 5 m/s. Kondisi ini sangat mempengaruhi hasil analisis HVSr yang ditunjukkan dengan munculnya frekuensi rendah pada kurva • Hindari pengukuran di tempat parkir, pipa air, dan gorong-gorong

Tipe Parameter	Saran yang Dianjurkan
Kondisi cuaca	• <u>Angin</u>: lindungi sensor dari angin (lebih dari 5 m/s) • <u>Hujan</u>: hindari pengukuran pada saat hujan lebat. Hujan ringan tidak memberikan gangguan yang berarti • <u>Suhu</u>: mengecek kondisi sensor dengan mengikuti instruksi pabrik
Gangguan	• Sumber monokromatik: hindari pengukuran mikrotremor dekat dengan mesin pabrik, industri, pompa air, generator yang sedang beroperasi • Sumber sementara: jika terdapat sumber getar <i>transient</i> (jejak langkah kaki, mobil lewat, motor lewat), tingkatkan durasi pengukuran untuk memberikan <i>window</i> yang cukup untuk analisis setelah gangguan tersebut hilang

E. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Sinyal Sintetis

Pembuatan sinyal sintetis dilakukan di Scilab dengan memasukkan beberapa nilai frekuensi sumber mikrotremor. Nilai frekuensi mengacu pada Tabel 2.1, dan disesuaikan dengan kondisi di daerah penelitian. *Noise* juga ditambahkan pada sinyal sintetis tersebut.

2. Proses FFT (*Fast Fourier Transform*)

Proses FFT dilakukan untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Proses ini bertujuan untuk mengetahui kandungan frekuensi dan banyak komponen frekuensi di dalam sinyal.

3. *Filtering Noise*

Dengan mengetahui kandungan frekuensi dalam sinyal yang diketahui dari proses FFT, maka dapat ditentukan nilai sinyal yang harus dibuang. Proses *filtering noise* dilakukan menggunakan *low pass filter*.

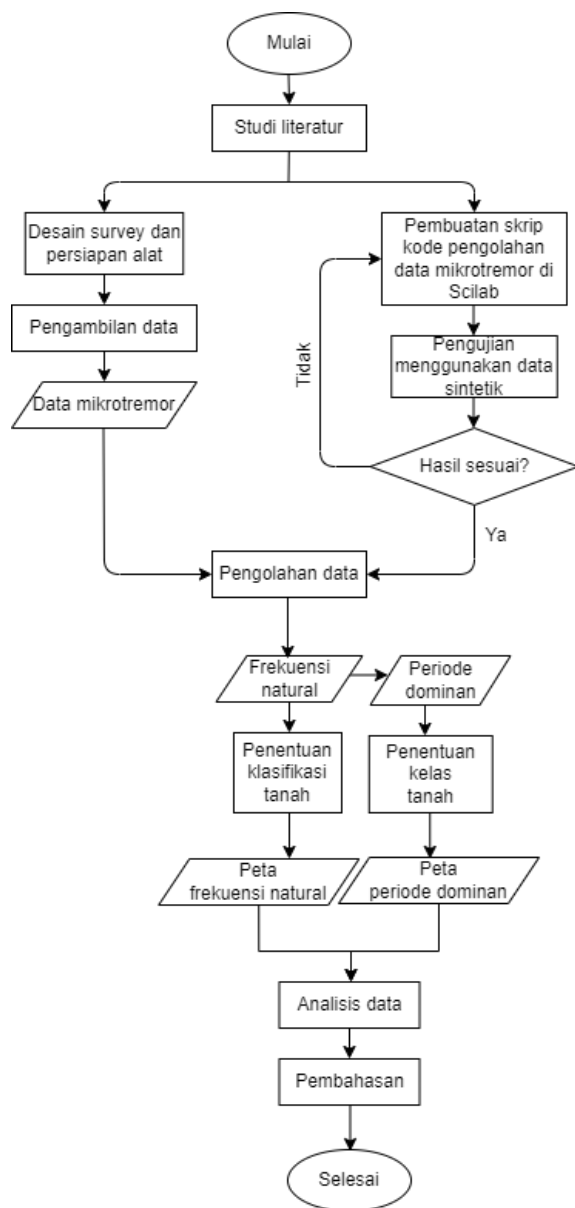
4. Menghitung Rasio $\frac{H}{V}$ dan *Plotting* Spektrum HVSR

Nilai rasio $\frac{H}{V}$ merupakan perbandingan antara nilai spektrum horisontal (EW dan NS) dan spektrum vertikal (Z). Perhitungan nilai rasio $\frac{H}{V}$ menggunakan Persamaan (14). Nilai tersebut kemudian diplot menjadi spektrum HVSR untuk mengetahui nilai frekuensi natural (f_0).

5. Pengujian Baris Kode Terhadap Data Sintetis

Baris kode yang sudah dibuat mulai dari proses FFT, *filtering noise*, dan perhitungan rasio $\frac{H}{V}$ kemudian diujikan pada sinyal sintetis yang sudah dibuat sebelumnya. Apabila hasil sudah sesuai yang dirancang, maka baris kode dapat diterapkan untuk mengolah sinyal mikrotremor yang direkam di lapangan.

Berdasarkan penjelasan prosedur analisis data, maka diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

F. Teknik Analisis Data

1. Pembacaan Data Lapangan

Data lapangan yang terekam diubah formatnya ke dalam ekstensi .txt dengan bentuk satu kolom yang kemudian diberi batas antar komponen. Kemudian dilakukan pembacaan data menggunakan baris kode dan diplot untuk memperlihatkan gambar sinyal mikrotremor pada setiap komponen.

2. Pengolahan Data Lapangan

Pengolahan data lapangan dilakukan menggunakan Scilab dengan baris kode yang sudah dibuat dan diujikan ke data sintetis sebelumnya. Pengolahan data dilakukan hingga memperoleh nilai frekuensi natural (f_0) dari puncak tertinggi spektrum HVSR. Dari nilai f_0 kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai periode dominan (T_0) menggunakan Excel dengan Persamaan (15).

3. Pemetaan Mikrozonasi Frekuensi Natural (f_0) dan Periode Dominan (T_0)

Nilai f_0 dan T_0 yang didapatkan dari pengolahan data selanjutnya digunakan untuk membuat peta mikrozonasi. Pembuatan peta dilakukan menggunakan QGIS, dengan metode *IDW Interpolation*. Peta kemudian di *overlay* dengan *basemap* Kota Semarang.

Hasil mikrozonasi tersebut kemudian dibuat *layout* menjadi tampilan peta.

BAB IV

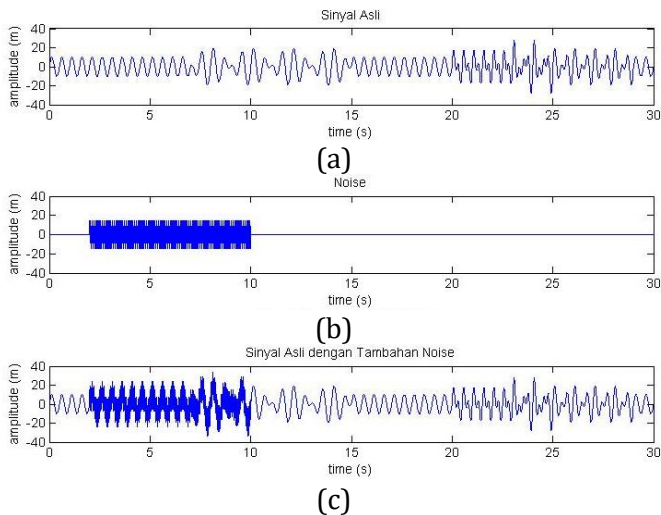
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Penyusunan Baris Kode dan Pengujiannya Terhadap Data Sintetis

Baris kode disusun menggunakan *software* Scilab versi 6.1.0 untuk membuat sinyal sintetis, proses FFT, *filtering noise*, dan perhitungan nilai rasio $\frac{H}{V}$. Sinyal sintetis dibuat dengan mengacu pada Tabel 2.1 dan memperhatikan kondisi lingkungan sekitar daerah penelitian. Daerah penelitian didominasi oleh perumahan, daerah perkebunan, dan di beberapa titik berada di tepi sungai. Sumber mikrotremor di daerah penelitian diasumsikan berasal dari aktivitas manusia, aliran air sungai, dan aktivitas atmosfer berupa angin. *Noise* ditambahkan dalam sinyal sintetis, dengan asumsi getaran pada permukaan bumi mengandung *noise*.

Sinyal sintetis pada Gambar 4.1 (c) tersusun dari gabungan sinyal asli dan *noise*. Pada sinyal asli, getaran mikrotremor berasal dari sumber alami dan aktivitas manusia. Getaran pada detik ke-7 hingga detik ke-15 bersumber dari angin, detik ke-20 hingga detik ke-17 adalah aktivitas orang lewat, dan detik ke-23 hingga detik ke-29 adalah getaran akibat aliran air sungai. *Noise* yang ditambahkan pada data sintetis berupa getaran yang

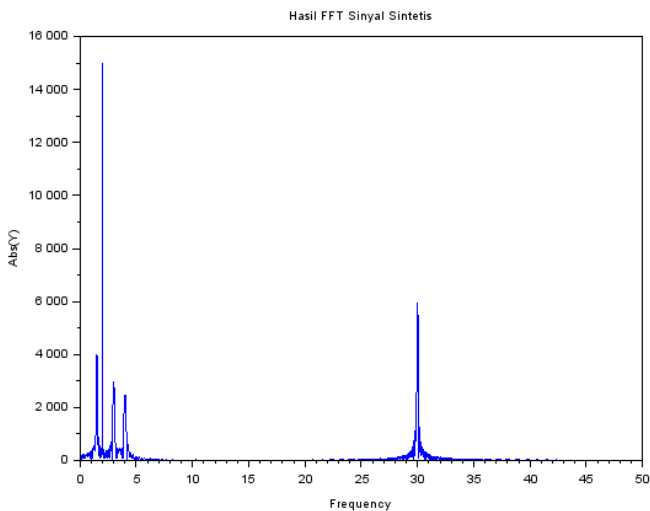
diakibatkan oleh lalu lalang kendaraan yang melintas dalam waktu yang singkat. Merujuk pada SESAME (2004), lalu lintas yang singkat dapat dianggap sebagai *noise*, namun lalu lintas lambat dan kontinu tidak dianggap *noise* asalkan jaraknya jauh dari titik perekaman data.



Gambar 4.1 Sinyal sintetis (a) sinyal asli, (b) *noise*, (c) sinyal asli dengan tambahan *noise*

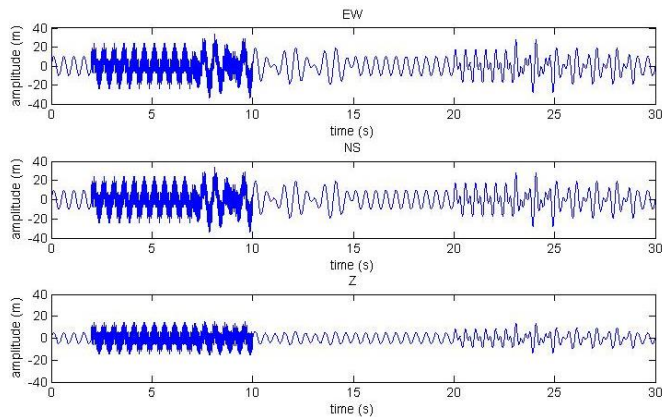
Proses FFT (*Fast Fourier Transform*) kemudian diterapkan pada sinyal sintetis untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke dalam domain frekuensi. Tujuan dari FFT adalah untuk mengetahui kandungan frekuensi dan besar frekuensi yang terkandung pada sinyal sintetis. Hasil FFT dari sinyal sintetis ditampilkan dalam Gambar 4.2.

Sinyal sintetis yang dibuat terdiri dari lima komponen sinyal. Frekuensi 1.5 Hz adalah frekuensi getaran yang berasal dari angin, frekuensi 2 Hz dari aktivitas manusia secara kontinyu, frekuensi 3 Hz adalah getaran dari aliran air sungai, frekuensi 4 Hz berasal dari manusia yang sedang lewat, dan frekuensi tinggi yaitu 30 Hz adalah mobil yang sedang melintas. Nilai-nilai frekuensi sumber mikrotremor tersebut mengacu pada Tabel 2.1 yang disesuaikan dengan kondisi lokasi penelitian yang sudah dideskripsikan sebelumnya. Sinyal sintetis kemudian dibuat menjadi tiga komponen untuk dilanjutkan ke metode HVSR.



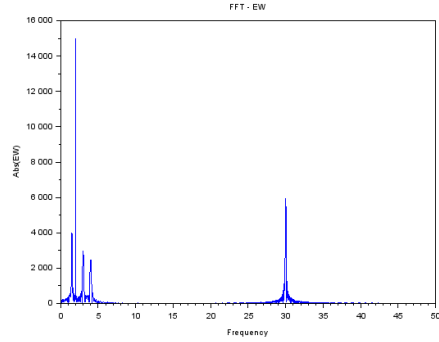
Gambar 4.2 Hasil FFT sinyal sintetis

Sinyal sintetis dibuat dalam tiga komponen, yaitu dua komponen horisontal (EW dan NS) dan satu komponen vertikal (Z) seperti pada Gambar 4.3. Pada sinyal tersebut, amplitudo pada komponen horisontal dibuat lebih besar daripada amplitudo pada komponen vertikal, sesuai teori Nakamura (1989).

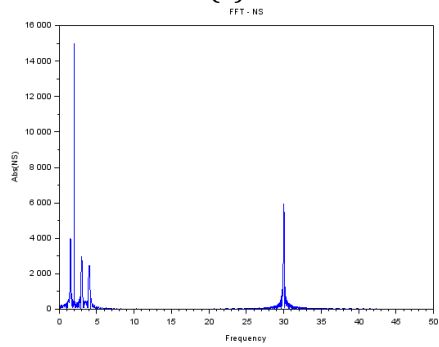


Gambar 4.3 Sinyal sintetis pada komponen horisontal (EW dan NS) dan komponen vertikal (Z)

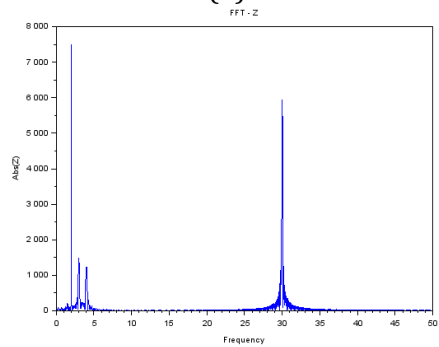
Proses FFT kemudian dilakukan ke tiga komponen pada sinyal sintetis untuk mengetahui besar frekuensi dan nilai frekuensi yang terkandung seperti dalam Gambar 4.4. Selain itu, proses FFT juga dilakukan untuk mengetahui rentang frekuensi yang harus dibuang dalam proses *filtering noise*. Setelah proses FFT, dilakukan perhitungan nilai absolut agar hasil FFT bernilai mutlak.



(a)



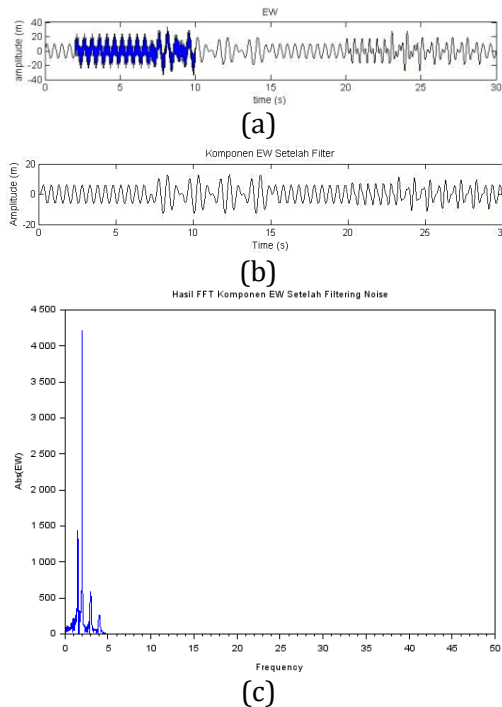
(b)



(c)

Gambar 4.4 Besar frekuensi dan banyak komponen frekuensi sinyal sintetis (a) pada komponen EW, (b) pada komponen NS, (c) pada komponen Z

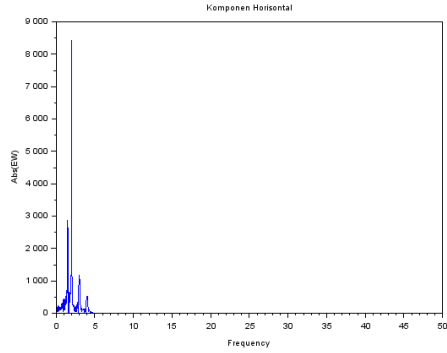
Komponen EW, NS, dan Z memiliki lima komponen frekuensi sebesar 1,5 Hz, 2 Hz, 3 Hz, 4 Hz, dan 30 Hz. Frekuensi 30 Hz adalah frekuensi tinggi dan dianggap *noise*. Pada komponen vertikal ditambahkan frekuensi 1,5 Hz dengan amplitudo yang sangat kecil, merujuk pada teori Nakamura (2008) bahwa pada komponen vertikal tidak terjadi amplifikasi. Frekuensi tinggi 30 Hz kemudian dibuang pada proses *filtering noise*. Filter yang digunakan adalah *low pass filter* dengan frekuensi *cut-off* 5Hz.



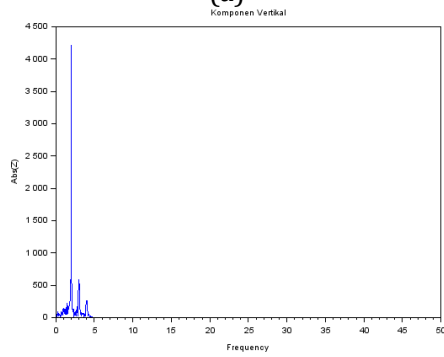
Gambar 4.5 Perbandingan komponen EW (a) sebelum difilter, (b) setelah difilter, (c) hasil FFT komponen EW setelah difilter

Gambar 4.5 memperlihatkan bahwa frekuensi 30 Hz dipotong dan menghasilkan sinyal tanpa noise. Proses yang sama dilakukan pada komponen NS dan Z. Setelah didapatkan sinyal sintetis yang tidak mengandung *noise*, dilakukan perhitungan rasio $\frac{H}{V}$ dan *plotting* spektrum HVSR menggunakan persamaan (14) untuk mengetahui nilai frekuensi natural (f_0).

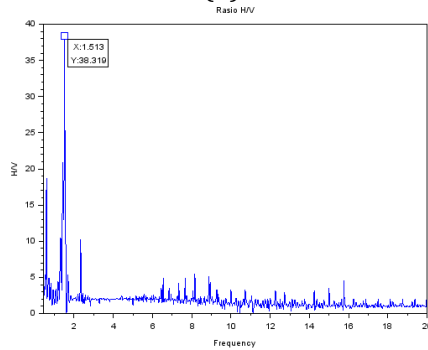
Nilai f_0 didapatkan dari puncak tertinggi spektrum HVSR. Berdasarkan Gambar 4.6, diketahui bahwa nilai f_0 dari sinyal sintetis adalah 1,513 Hz. Secara teori, nilai f_0 berada pada daerah yang teramplifikasi pada komponen horizontal, tetapi tidak teramplifikasi pada komponen vertikal, seperti pada Gambar 2.4. Pada sinyal sintetis, komponen vertikal diatur untuk menangkap frekuensi 1,5 Hz dengan amplitudo yang sangat kecil. Hal ini dimaksudkan bahwa pada sinyal sintetis diatur nilai f_0 -nya adalah 1,5 Hz sedangkan hasil dari *plotting* spektrum HVSR didapatkan nilai f_0 sebesar 1,513 Hz yang mendekati nilai f_0 yang sudah diatur sebelumnya. Sehingga, dari proses penyusunan baris kode dan hasil uji terhadap sinyal sintetis, maka dinyatakan baris kode tersebut dapat digunakan untuk mengolah sinyal mikrotremor hasil akuisisi data di lapangan.



(a)



(b)

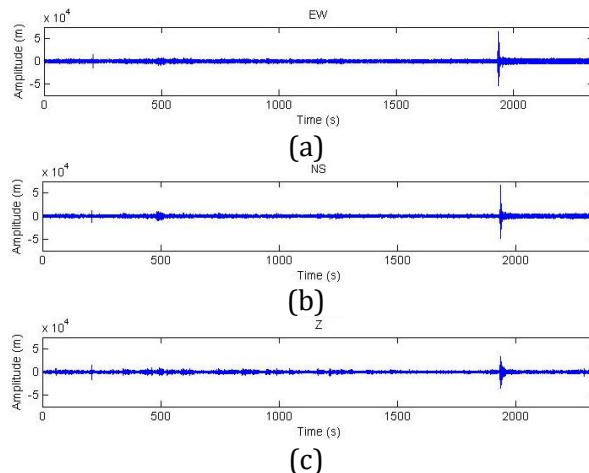


(c)

Gambar 4.6 Proses perhitungan rasio $\frac{H}{V}$ sinyal sintetis (a) komponen horisontal, (b) komponen vertikal, (c) rasio $\frac{H}{V}$

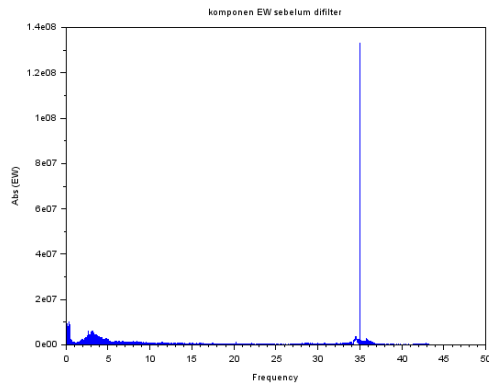
B. Pengolahan Data Lapangan

Pembacaan data dilakukan agar sinyal mikrotremor yang terekam dapat diplot untuk menghasilkan grafik dengan tiga komponen. Data pengukuran memiliki format .txt dengan bentuk satu kolom yang diberi batas untuk masing-masing komponen EW, NS dan Z. Data mikrotremor yang terekam berada dalam domain waktu, dengan sumbu X menyatakan waktu getaran dalam sekon, dan sumbu Y menyatakan amplitudo getaran dalam meter. Grafik mikrotremor ditampilkan pada Gambar 4.7. Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa komponen horisontal memiliki amplitudo yang lebih besar daripada komponen vertikal.

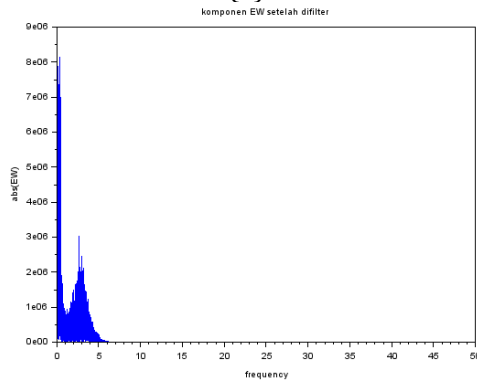


Gambar 4.7 Data mikrotremor pada titik T7 yang terekam dalam tiga komponen (a) komponen horisontal EW, (b) komponen horisontal NS, (c) komponen vertikal Z

FFT kemudian diterapkan pada data mikrotremor untuk memudahkan dalam proses pengolahan data. Pemilihan nilai frekuensi juga dilakukan untuk mengambil frekuensi rendah pada data mikrotremor, dengan menggunakan *low pass filter*. Frekuensi rendah dipilih karena frekuensi tersebut yang menunjukkan kerentanan suatu wilayah terhadap guncangan gempa bumi.



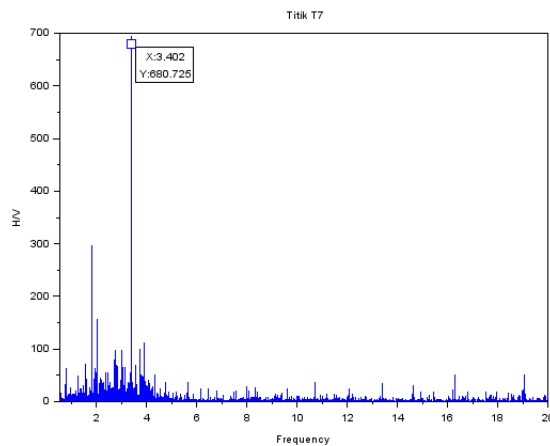
(a)



(b)

Gambar 4.8 Komponen EW pada titik T7 (a) sebelum difilter dan (b) setelah difilter

Sinyal yang sudah terfilter dapat terlihat perbedaannya pada Gambar 4.8. Sinyal tersebut kemudian digunakan untuk menghitung rasio $\frac{H}{V}$ menggunakan Persamaan (14). Hasil perhitungan tersebut kemudian diplot untuk menghasilkan spektrum HVSR. Berdasarkan spektrum HVSR, dapat diketahui nilai frekuensi natural (f_0) yang ditentukan dari puncak tertinggi dalam spektrum tersebut. Rentang nilai frekuensi yang ditampilkan dalam spektrum adalah 0,5 Hz – 20 Hz karena nilai f_0 batuan berada dalam rentang nilai tersebut. Gambar 4.9 memperlihatkan nilai f_0 di titik T7. Nilai f_0 kemudian digunakan untuk menghitung nilai periode dominan batuan (T_0) menggunakan Persamaan (15). Nilai f_0 dan T_0 di 20 titik akuisisi data ditampilkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.9 Hasil *plotting* spektrum HVSR dan nilai f_0 di titik T7

Tabel 4.1 Nilai frekuensi natural dan periode dominan di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang

Titik	Koordinat		Frekuensi	Periode
	Bujur ($^{\circ}$)	Lintang ($^{\circ}$)	Natural (Hz)	Dominan (s)
T1	110,4666	-7,0270	18,504	0,054
T2	110,4711	-7,0282	5,889	0,170
T3	110,4785	-7,0314	16,672	0,060
T4	110,4756	-7,0315	3,085	0,324
T5	110,4711	-7,0315	3,805	0,263
T6	110,4666	-7,0315	2,371	0,422
T7	110,4711	-7,0360	3,402	0,294
T8	110,4756	-7,0360	15,217	0,066
T9	110,4801	-7,0360	8,890	0,112
T10	110,4801	-7,0405	3,867	0,259
T11	110,4756	-7,0405	18,504	0,054
T12	110,4711	-7,0405	2,743	0,401
T13	110,4711	-7,0450	13,689	0,073
T14	110,4756	-7,0450	2,493	0,401
T15	110,4801	-7,0450	1,280	0,781
T16	110,4845	-7,0495	5,940	0,168
T17	110,4801	-7,0495	10,724	0,093
T18	110,4756	-7,0495	5,485	0,182
T19	110,4721	-7,0493	18,325	0,055
T20	110,4796	-7,0522	4,953	0,202

1. Frekuensi Natural (f_0)

Frekuensi natural (f_0) batuan dapat menggambarkan karakteristik bawah permukaan di suatu wilayah. Nilai f_0 yang rendah menggambarkan daerah tersebut memiliki tanah yang lunak, sedangkan nilai f_0 yang tinggi memiliki karakteristik batuan keras. Daerah dengan tanah lunak rentan terhadap getaran

gempa bumi, karena durasi gelombang gempa yang melewati tanah akan panjang sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan di daerah tersebut. Klasifikasi tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Klasifikasi tanah tersebut juga dicocokkan dengan peta geologi Kota Semarang.

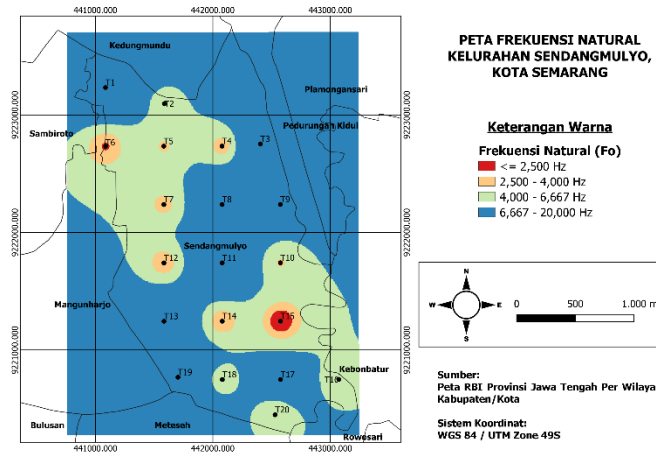
Tabel 4.2 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi natural di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang

Klasifikasi	Titik	f_0
Jenis I	T1	18,504
	T3	16,672
	T8	15,217
	T9	8,890
	T11	18,504
	T13	13,689
	T17	10,724
Jenis II	T19	18,325
	T2	5,889
	T16	5,940
	T18	5,485
Jenis III	T20	4,953
	T4	3,085
	T5	3,805
	T7	3,402
	T10	3,867
Jenis IV	T12	2,743
	T6	2,371
	T14	2,493
	T15	1,28

Kelurahan Sendangmulyo memiliki nilai f_0 yang beragam, mulai dari 1,280 Hz hingga 18,504 Hz. Berdasarkan klasifikasi Kanai, klasifikasi tanah di Kelurahan Sendangmulyo termasuk pada klasifikasi Jenis I, Jenis II, Jenis III, dan Jenis IV. Frekuensi rendah dengan rentang nilai $\leq 2,5$ Hz termasuk pada Jenis IV diperkirakan memiliki lapisan sedimen yang tebal. Rentang nilai 2,5 Hz – 4,0 Hz termasuk dalam klasifikasi Jenis III. Tanah Jenis III Jenis IV tersusun dari batuan aluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dan diperkirakan ketebalan sedimennya sangat tebal. Apabila dikorelasikan dengan peta geologi Kota Semarang, lokasi yang memiliki nilai f_0 rendah termasuk dalam formasi Aluvium (Qa).

Nilai frekuensi sedang berada pada rentang 4,0 Hz – 6,667 Hz termasuk dalam klasifikasi Jenis II dengan ketebalan sedimen diperkirakan masuk dalam kategori menengah. Rentang frekuensi 6,667 Hz – 20 Hz termasuk dalam klasifikasi Jenis I dan diperkirakan memiliki ketebalan sedimen sangat tipis yang tersusun dari batuan keras. Ditinjau dari formasi geologi, lokasi yang memiliki nilai f_0 tinggi berada pada Formasi Damar (Qtd), dengan penyusunnya yaitu batu pasir, konglomerat, dan breksi vulkanik yang memiliki sifat

keras. Peta sebaran f_0 di Kelurahan Sendangmulyo ditampilkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Peta mikrozonasi frekuensi natural (f_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang

Nilai f_0 memiliki keterkaitan dengan tingkat kerawanan suatu daerah apabila diguncang gempa bumi. Semakin besar nilai f_0 menunjukkan bahwa lapisan tanah tersebut tersusun dari batuan yang keras, sedangkan semakin rendah nilai f_0 menunjukkan bahwa batuan penyusunnya terdiri dari batuan lunak. Pada daerah dengan nilai f_0 tinggi, durasi gelombang gempa bumi yang melewati batuan tersebut semakin pendek, sehingga tingkat kerusakan yang dialami kecil. Sedangkan pada daerah dengan nilai f_0 rendah akan

cenderung mengalami kerusakan yang relatif besar karena tersusun dari tanah lunak.

Bukti kerusakan yang terjadi pada bangunan yang berdiri di batuan lunak adalah kerusakan parah di Kecamatan Mandalawangi Provinsi Banten setelah diguncang gempa bumi Samudera Hindia selatan dengan magnitudo 6,9 SR pada 2 Agustus 2019. Dari hasil survey lapangan yang dilakukan oleh Tim Stasiun Geofisika Klas I Tangerang setelah kejadian bencana, diketahui bahwa daerah tersebut memiliki lapisan tanah lunak dengan nilai f_0 sebesar 0,9263 Hz (Suwardi, Subrata, & Purnama, 2019). Penelitian lain oleh Sunardi *et al.* (2012) membandingkan kondisi kerusakan pasca gempa bumi Bantul 2006. Dalam penelitian tersebut, daerah di perbukitan Nglanggran yang memiliki nilai f_0 tinggi 10 – 13 Hz tidak mengalami kerusakan parah, dibandingkan dengan daerah Graben Bantul yang mengalami kerusakan parah, dan daerah tersebut memiliki nilai f_0 kurang dari 5 Hz.

2. Periode Dominan (T_0)

Keterkaitan nilai f_0 dengan nilai periode dominan (T_0) adalah nilai f_0 berbanding terbalik dengan nilai T_0 . T_0 diartikan sebagai waktu tempuh

getaran mikrotremor untuk merambat melalui lapisan sedimen. Nilai T_0 dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi tanah dan mengetahui karakter tanah di daerah penelitian. Nilai T_0 yang kecil mengindikasikan karakter batuan atau tanah keras sedangkan nilai T_0 yang tinggi mengindikasikan karakter batuan atau tanah yang lunak.

Tabel 4.3 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai periode dominan di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang

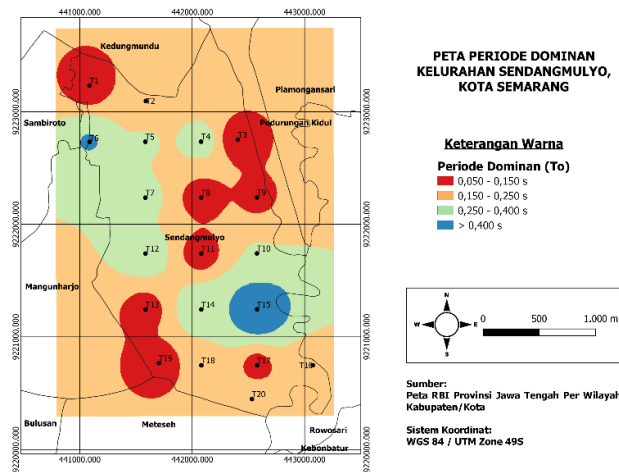
Klasifikasi	Titik	T_0	Karakteristik
Jenis I	T1	0,054	Keras
	T3	0,060	
	T8	0,066	
	T9	0,112	
	T11	0,054	
	T13	0,073	
	T17	0,093	
	T19	0,055	
Jenis II	T2	0,170	Sedang
	T16	0,168	
	T18	0,182	
	T20	0,202	
Jenis III	T4	0,324	Lunak
	T5	0,263	
	T7	0,294	
	T10	0,259	
Jenis IV	T12	0,365	Sangat Lunak
	T6	0,422	
	T14	0,401	
	T15	0,781	

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat diketahui bahwa nilai T_0 di Kelurahan Sendangmulyo memiliki rentang

antara 0,054 s sampai 0,781 s. Wilayah tersebut memiliki karakter tanah keras, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah sangat lunak. Karakter tanah memiliki keterkaitan dengan guncangan gempa bumi. Apabila terjadi gempa bumi, getaran akan teredam pada jenis tanah keras, sedangkan pada tanah lunak getaran akan diteruskan. Maka dapat dikatakan bahwa ketika terjadi gempa bumi yang dirasakan hingga Kelurahan Sendangmulyo, maka pada titik T6, T14, dan T15 yang memiliki nilai T_0 tinggi getarannya relatif lebih terasa dibandingkan pada titik T1, T3, T8, T9, T11, T13, T17, dan T19 yang memiliki nilai T_0 rendah. Daerah hasil klasifikasi T_0 tersebut memiliki kesamaan dengan daerah hasil klasifikasi f_0 . Lokasi dengan nilai T_0 rendah sama dengan lokasi yang memiliki nilai f_0 tinggi dengan karakteristik tanah yang sama, dan lokasi dengan nilai T_0 tinggi sama dengan lokasi yang memiliki nilai f_0 rendah dengan karakteristik tanah yang sama pula. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai T_0 berbanding terbalik dengan nilai f_0 . Sebaran nilai T_0 di Kelurahan Sendangmulyo ditampilkan pada Gambar 4.11.

Bukti bahwa bangunan yang berada pada batuan lunak akan mengalami kerusakan parah yaitu pada daerah Graben Bantul, yang berada pada batuan lunak

mengalami kerusakan parah ketika terjadi gempa bumi Bantul pada tahun 2006 (Sunardi *et al.*, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Suhartini, Mase, & Farid (2019) di Kecamatan Ratu Agung Kota Bengkulu yang didominasi oleh batuan aluvium lunak mengalami kerusakan setelah diguncang gempa bumi Samudera Hindia berkekuatan 8,6 Mw pada 12 September 2007.



Gambar 4.11 Peta mikrozonasi periode dominan (T_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Susunan baris kode metode HVSR dibuat berdasarkan pada teori Nakamura, menggunakan *software* Scilab versi 6.1.0. Pengujian baris kode terhadap sinyal sintetis dapat menampilkan nilai f_0 yang sudah ditetapkan sebelumnya, sehingga baris kode tersebut dapat diterapkan untuk mengolah data mikrotremor yang didapatkan dari proses akuisisi data di lapangan.
2. Nilai frekuensi natural (f_0) di Kelurahan Sendangmulyo berkisar antara 1,280 Hz hingga 18,504 Hz dan nilai periode dominan (T_0) berkisar antara 0,054 s sampai 0,781 s. Daerah dengan nilai f_0 rendah dan T_0 tinggi cenderung rawan terhadap getaran gempa bumi, dan dapat mengalami kerusakan berat ketika diguncang gempa bumi. Daerah tersebut ditemukan pada titik T6, T14, dan T15.
3. Klasifikasi tanah di Kelurahan Sendangmulyo berdasarkan nilai f_0 dan T_0 menurut Kanai, pada titik T1, T3, T8, T9, T11, T13, T17, dan T19 termasuk jenis tanah keras, titik T2, T16, T18, dan T20 termasuk jenis

tanah sedang, titik T4, T5, T7, T10, T12 termasuk jenis tanah lunak, dan pada titik T6, T14, dan T15 termasuk jenis tanah sangat lunak.

B. Saran

Hasil penelitian ini dapat dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dengan mempertimbangkan beberapa saran berikut ini:

1. Dapat dilakukan *windowing* atau pemilihan sinyal stasioner dan membuang *noise* pada sinyal mikrotremor yang terekam secara otomatis pada *software* Scilab.
2. Membuat formulasi atau baris kode menggunakan *software* Scilab untuk proses *smoothing* data menggunakan metode Konno-Ohmachi sesuai dengan pedoman SESAME.
3. Membuat susunan baris kode untuk membuat kurva HVSR secara *smooth*, sehingga tidak hanya berbentuk spektrum.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, Deviana. 2017. *Analisis Mikrotremor dengan Metode HVSR untuk Mikrozonasi Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta*. Skripsi. Surabaya: Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Arifin, Satria Subkhi., Mulyatno, Bagus Sapto., Marjiyono., Setianegara, Robi. 2014. Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. 2(1): 30-40.
- Arintalofa, Vithya., Yuliyanto, Gatot., Harmoko, Udi. 2020. Analisa Mikrotremor Menggunakan Metode HVSR untuk Mengetahui Karakteristik Bawah Permukaan Manifestasi Panas Bumi Diwak dan Derekan Berdasarkan Nilai VP. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*. 1(2): 54-61.
- Bock, Y., Prawirodirdjo, L., Genrich, J, F., Stevens C. W., McCaffrey, R., Subarya, C., Puntodewo, S. S. O., Calais, E. 2003. Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements. *Journal of Geophysical Research*. 108(B8): 3-1 – 3-17.
- Edwiza, Daz., Novita, Sri. 2008. Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai. *Jurnal TeknikA*. 2(29): 111-118.
- EGSAUGM. 2020. *Penelitian Oleh Tim Peneliti ITB: Gempa Berpotensi Tsunami Di Selatan Jawa*. Diunduh di <https://egsa.geo.ugm.ac.id/2020/10/10/penelitian-oleh-tim-peneliti-itb-gempa-berpotensi-tsunami-di-selatan-jawa/> tanggal 19 Oktober 2021.

- Febriani, Yeza., Daruwati, Ika., Hatika, Rindi Genesa. 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.
- Fitriani, Nur., Tjahjono, Heri., Sanjoto, Tjaturahono Budi. 2018. Pemetaan Risiko Bencana Longsor Sebagai Upaya Penanggulangan Bencana di Kecamatan Tembalang Kota Semarang. *Jurnal Geo Image*. 7(2): 95-100.
- Haerudin, Nandi., Alami, Fikri., Rustadi. 2019. *Mikroseismik, Mikrotremor, dan Microearthquake dalam Ilmu Kebumihan*. Bandarlampung: Pusaka Media.
- Hidayat, E. 2013. Identifikasi Sesar Aktif di Sepanjang Jalur Kali Garang, Semarang. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. 23(1): 31-37.
- Koesuma, Sorja., Ridwan, Mohamad., Nugraha, Andri Dian., Widiyantoro, Sri., Yoichi, Fukuda. 2017. Preliminary Estimation of Engineering Bedrock Depths from Microtremor Array Measurements in Solo, Central Java, Indonesia. *Journal of Mathematical and Fundamental Scinces*. 49(3): 306-320.
- Lantu., Aswad, Sabrianto., Fitriani., Marjiyono. 2018. Pemetaan Wilayah Rawan Bencana Gempabumi Berdasarkan Data Mikrotremor dan Data Bor. *Jurnal Geocelbes*. 2(1): 20-30.
- Motamed, Ramin., Ghalandarzadeh, Abbas. 2004. *Seismic Microzonation of Urmia City by Means of Microtremor Measurements*. The 13th World Conference of Earthquake Engineering. Vancouver 1-6 Agustus 2004.

- Museum Merapi. 2010. Pemantauan Seismik. Diunduh di <http://mgm.slemankab.go.id/pemantauan-seismik/> tanggal 21 Mei 2021.
- Nakamura, Yutaka. 1989. A Method for Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*. 30(1): 25-33.
- Nakamura, Yutaka. 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications*. The 12th World Conference on Earthquake Engineering. Auckland 30 Januari - 4 Februari 2000.
- Nakamura, Yutaka. 2008. *On The H/V Spectrum*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. Beijing 12-17 Oktober 2008.
- Nubatonis, I., Sianturi, H. L., Bernandus. 2017. Pemetaan Mikrozonasi Seismik di Desa Lili Kecamatan Fatuleu Kabupaten Kupang. *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*. 2(2): 50-57.
- Okada, Hiroshi. 2003. *The Microtremor Survey Method*. Terjemahan Koya Suto. Society of Exploration Geophysicists.
- Pancawati, Koen Dian. 2016. *Identifikasi Kerentanan Dinding Bendungan dengan Menggunakan Metode Mikroseismik (Studi Kasus Bendungan Jatibarang, Semarang)*. Skripsi. Semarang: Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.
- Pasektiono, Wahyu Widy. 2016. *Aplikasi SIG Untuk Identifikasi Daerah Rawan Longsor Di Kecamatan Tembalang Kota Semarang*. Skripsi. Semarang: Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang.

- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- PVMBG. No date. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Per Kabupaten atau Kota. Diunduh di <https://vsi.esdm.go.id/gallery/picture.php?/137> tanggal 27 Agustus 2021
- Rahmaningtyas, Aindya Putri. 2017. *Identifikasi Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan Kerentanan Seismik Menggunakan Metode Mikrotremor di Jalur Sesar Kendeng*. Skripsi. Surabaya: Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rizki, Nur Elisa. 2019. *Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Kerentanan Gempa di Kampus UIN Walisongo Semarang Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectrum Ratio (HVSr)*. Skripsi. Semarang: Program Studi Fisika UIN Walisongo Semarang.
- Sari, Meita Aulia. 2016. *Pemetaan Percepatan Gerakan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyo Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta: Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sasongko, Setia Budi. 2010. *Metode Numerik dengan Scilab*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- SESAME. 2004. *Site Effects Assessment Using Ambient Excitations*. European Comission-Research General Directorate.
- SESAME. 2004. *Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations: Measurements, Processing, and Interpretation*. European Commision-Research General Directorate.

- Slob, Siefko. 2007. *Micro Seismic Hazard Analysis. Workshop/Training on Earthquake Vulnerability and Multi-Hazard Risk Assessment*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
- Soedarsono. 2012. Kondisi Geologi dan Geomorfologi Kaitannya dengan Degradasi Lingkungan di Kota Semarang. *Jurnal Lingkungan Sultan Agung*. 1(1): 29-41.
- Suhartini, Ceri Eliesa., Mase, Lindung Zalbuin., Farid, M. 2019. *Mikrozonasi Percepatan Tanah Maksimum Akibat Gempabumi 12 September 2007 di Kecamatan Ratu Agung Kota Bengkulu*. Prosiding Civil Engineering and Built Environment Conference (CEBEC). Bengkulu 20 Maret 2019.
- Sunardi, Bambang., Daryono., Arifin, Januar., Susilanto, Pupung., Ngadmanto, Drajat., Nurdyanto, Boko., Sulastri. 2012. Kajian Potensi Bahaya Gempabumi Daerah Sumbawa Berdasarkan Efek Tapak Lokal. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 13(2): 131-137.
- Sungkono., Warnana, Dwa D., Triwulan., Utama, W. 2011. Evaluation of Buildings Strength from Microtremor Analyses. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*. 11(05): 108-114.
- Suwardi., Subrata, Tata., Purnama. 2019. *Laporan Survey Gempa Samudera Hindia Selatan M 6,9 02 Agustus 2019*. Laporan Survey. Tangerang: Stasiun Geofisika Klas I Tangerang.
- Tanjung, Nia. A. F., Yuniarto, Hakim Prima., Widyawarman, Danang. 2019. Analisis Amplifikasi dan Indeks Kerentanan Seismik di Kawasan FMIPA UGM Menggunakan Metode HVSr. *Jurnal Geosaintek*. 5(2): 60-67.

- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. 2004. *Applied Geophysics. Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Tuladhar, Rabin., Cuong, Nhu Nguyen Hong., Yamazaki, Fumio. 2004. *Seismic Microzonation of Hanoi, Vietnam Using Microtremor Observations*. The 13th World Conference on Earthquake Engineering. Vancouver 1-6 Agustus 2004.
- Utami, Zahroh. 2017. *Analisis Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Pengukuran Sinyal Mikrotremor di Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten*. Skripsi. Yogyakarta: Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wardhana, Dadan Dani., Harjono, Hery., Sudaryanto. 2015. Struktur Bawah Permukaan Kota Semarang Berdasarkan Data Gayabarat. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. 24(1): 53-64.
- Yulawati, Winda Styani., Rasimeng, Syamsurijal, Karyanto. 2019. Pengolahan Data Mikrotremor Berdasarkan Metode HVSR dengan Menggunakan Matlab. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. 5(1): 45-59.
- Zulianto, Rizal Eko. 2020. *Analisis Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) dan Kerentanan Seismik Menggunakan Metode Mikroseismik di Kelurahan Bendungan Kecamatan Gajahmungkur*. Skripsi. Semarang: Program Studi Fisika UIN Walisongo Semarang.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Riset



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185
E-mail: fst@walisongo.ac.id Web : <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.3538/Un.10.8/D1/SP.01.08/09/2021 Semarang, 16 September 2021
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth.
Kepala Kantor Kelurahan Sendangmulyo
Kecamatan Tembalang Semarang
di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Prima Vitra Varecha
NIM : 1708026020
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Fisika.
Judul Penelitian : Penentuan Klasifikasi Tanah di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang Berdasarkan Metode HVSR Menggunakan Scilab.

Dosen Pembimbing : 1. Andi Fadlan, M.Sc.
2. Hartono, M.Sc.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut diijinkan melaksanakan Riset di wilayah yang Bapak/Ibu pimpin.
Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

mohon dibantu uia berkoordinasi



Tembusan Yth.
1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

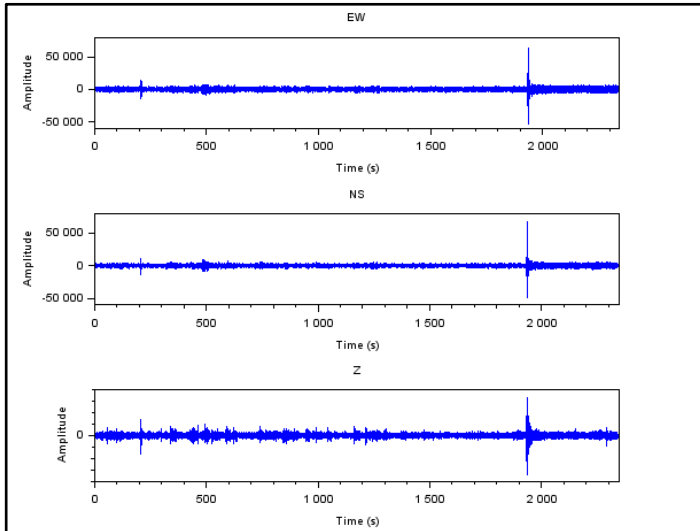
Lampiran 2 Baris Kode Metode HVSR pada Scilab

```

1 clear;clc;
2
3 y=read('titik14.txt',-1,1);
4
5 e=y(1:234000);
6 n=y(234001:468000);
7 z=y(468001:702000);
8
9 x=(length(e)-1)*0.01;
10 t=0:0.01:x;
11 tx=t'
12
13 subplot(3,1,1);
14 plot(tx,e);
15 xlabel('Time (s)');
16 ylabel('Amplitude');
17 title('EW');
18 subplot(3,1,2);
19 plot(tx,n);
20 xlabel('Time (s)');
21 ylabel('Amplitude');
22 title('NS');
23 subplot(3,1,3);
24 plot(tx,z);
25 xlabel('Time ( $\frac{1}{f}$ )');
26 ylabel('Amplitude');
27 title('Z');

```

Pembacaan data pengukuran



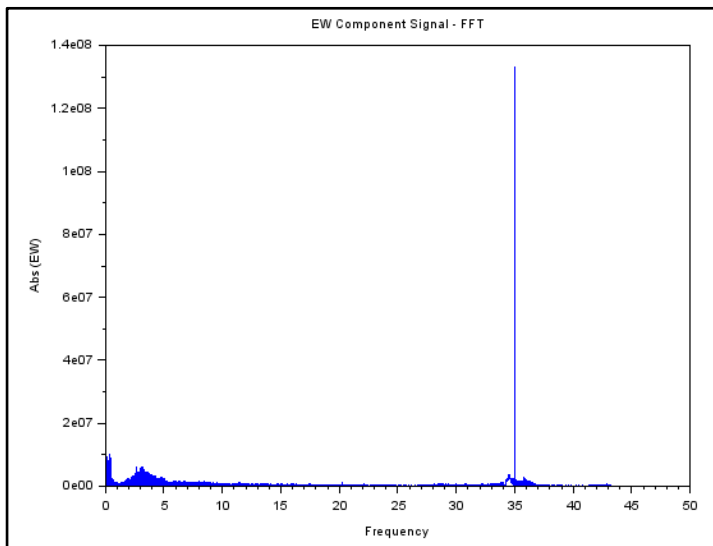
Tampilan hasil data pengukuran (atas: E-W, tengah: N-S, bawah: Z)

```

29 //FFT
30 Fs=100;
31
32 //FFT.komponen.e
33 t1=(0:length(e)-1)/Fs;
34 N1=size(t1, ' ');
35 Y1=fft(e);
36
37 f1=Fs*(0:(N1/2))/N1;
38 n1=size(f1, ' ');
39 clf()
40
41 ew=abs(Y1(1:n1));
42 plot(f1,ew);
43 xlabel('Frequency');
44 ylabel('Abs.(EW) ');
45 title('EW-Component-Signal--FFT');

```

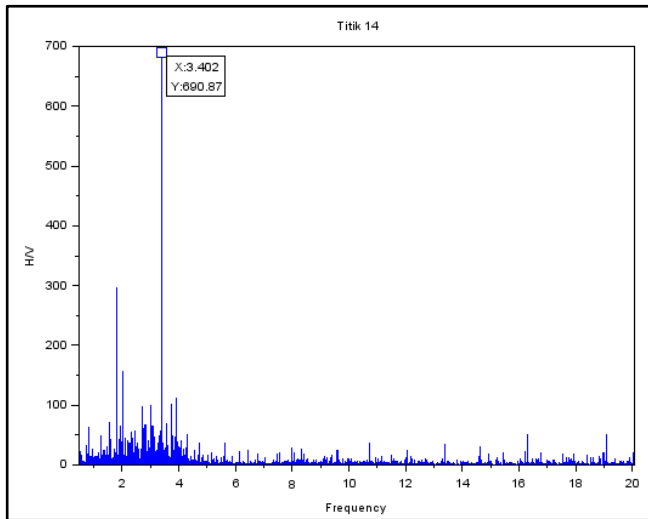
Proses FFT dan menghitung nilai absolut



Hasil FFT

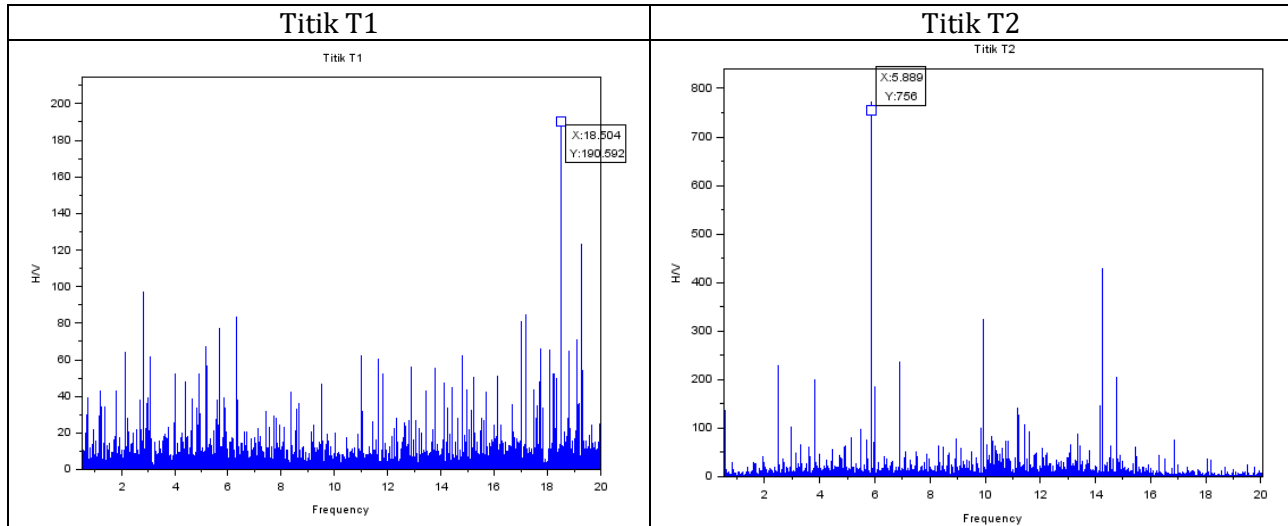
```
121 O=EW^2;  
122 P=NS^2;  
123 Q=(O+P)/2;  
124 R=(sqrt(Q))';  
125 S=Z';  
126 HVSR=R./S;
```

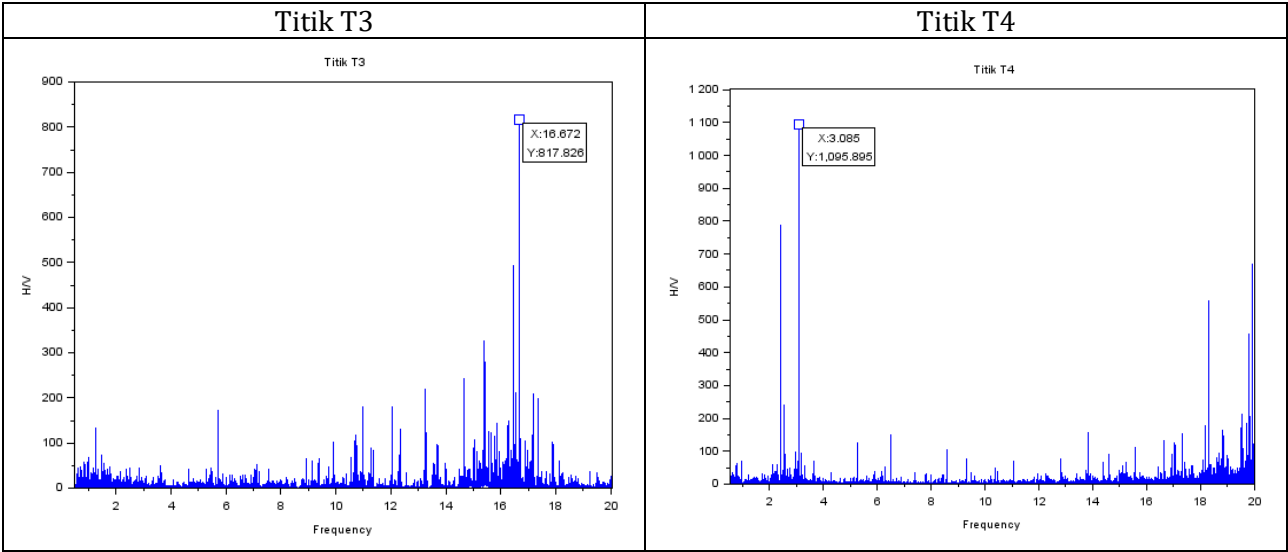
Perhitungan nilai HVSR



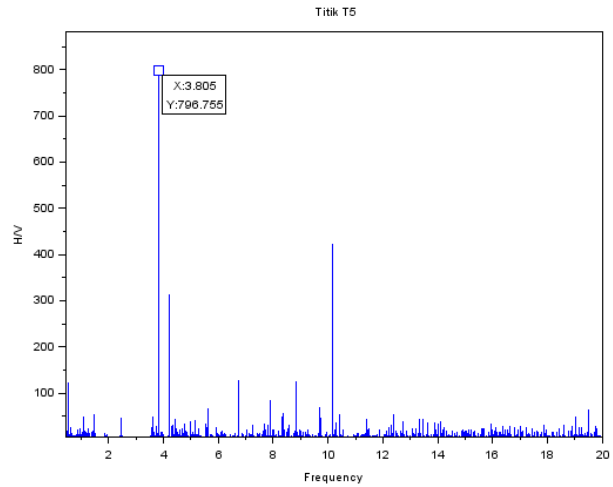
Plot hasil perhitungan nilai HVSR

Lampiran 3 Spektrum HVSR di 20 Titik Penelitian

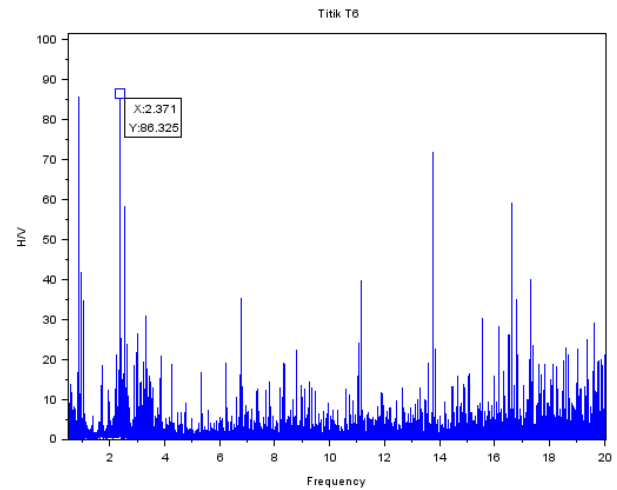


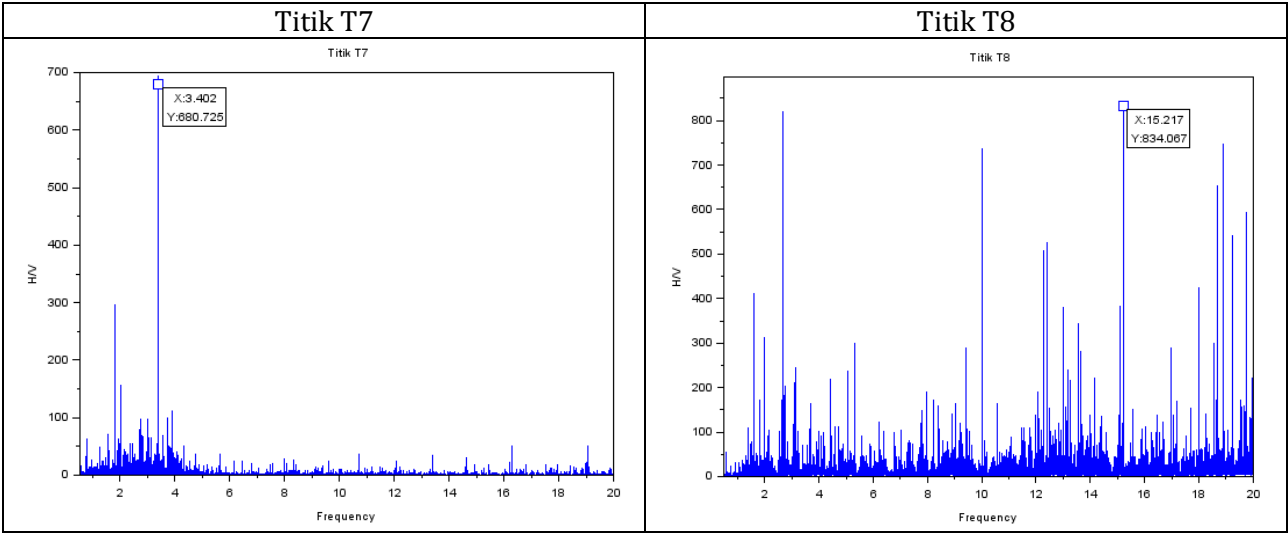


Titik T5

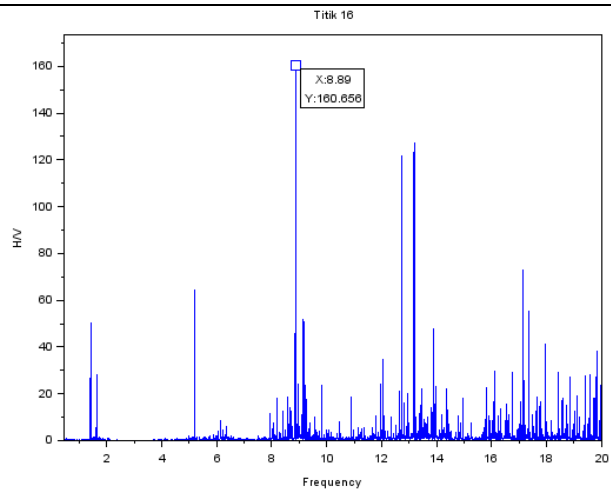


Titik T6

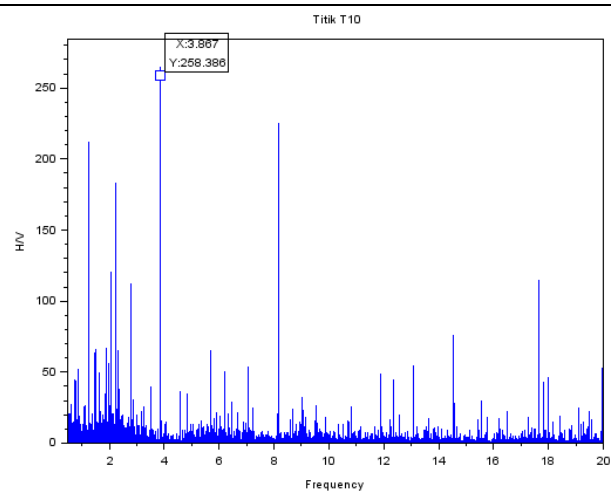


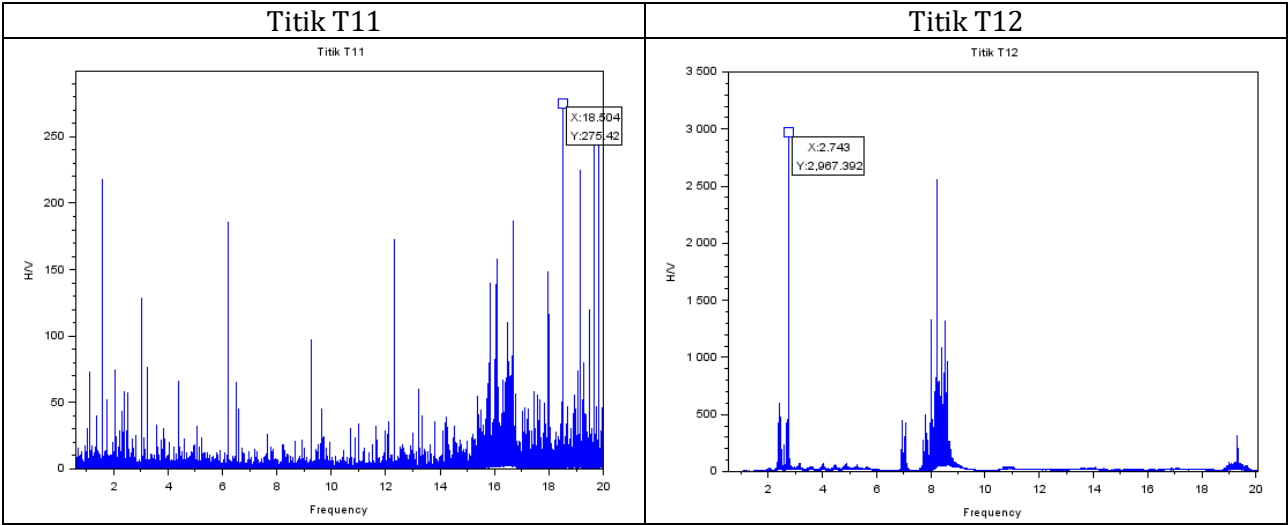


Titik T9

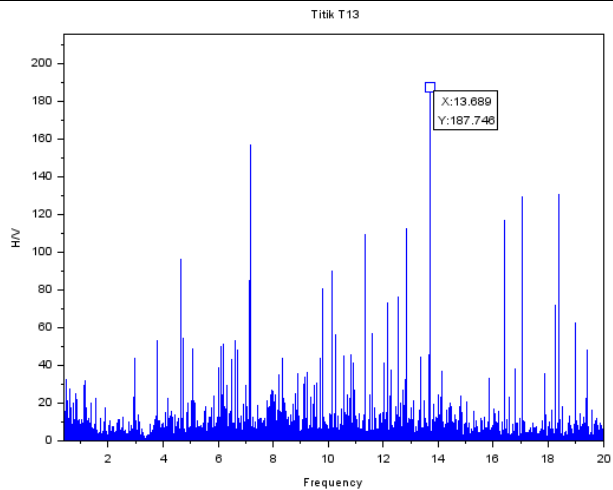


Titik T10

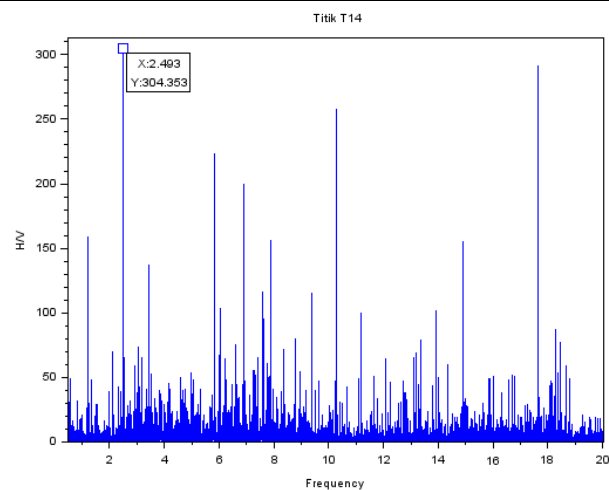


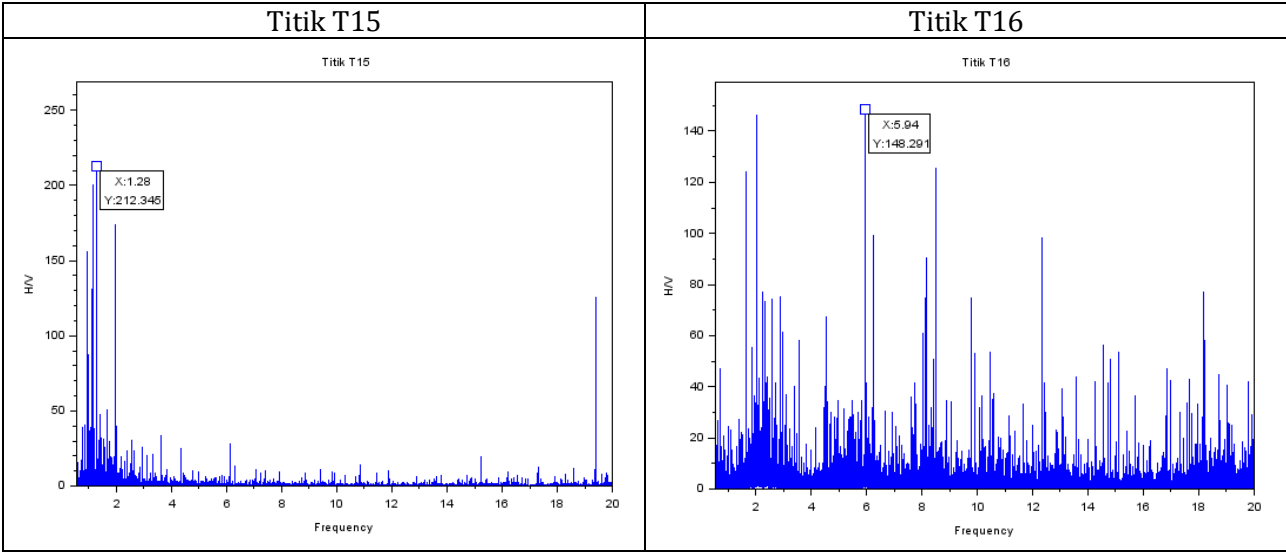


Titik T13

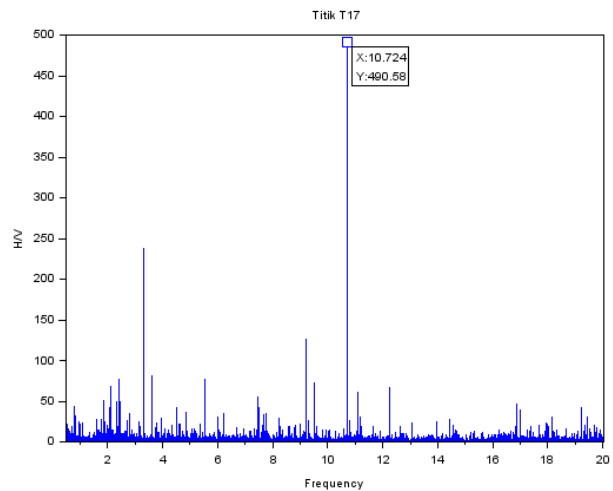


Titik T14

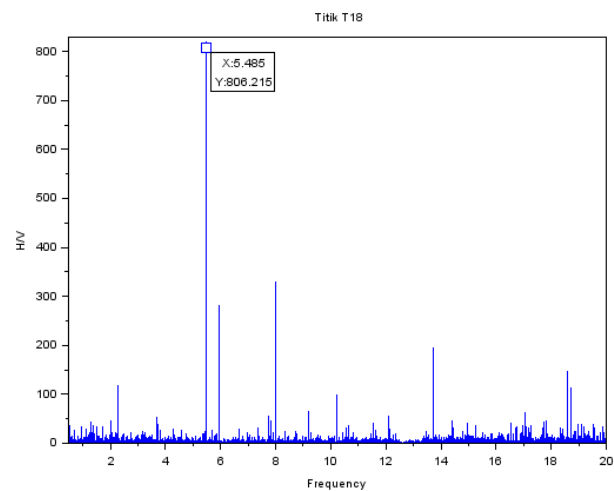


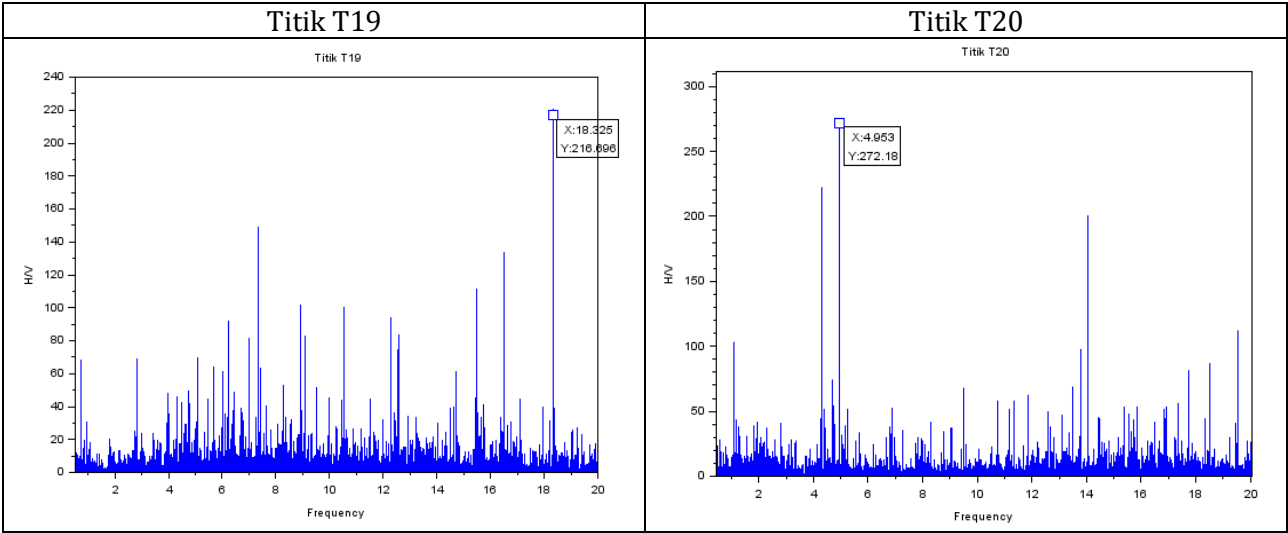


Titik T17

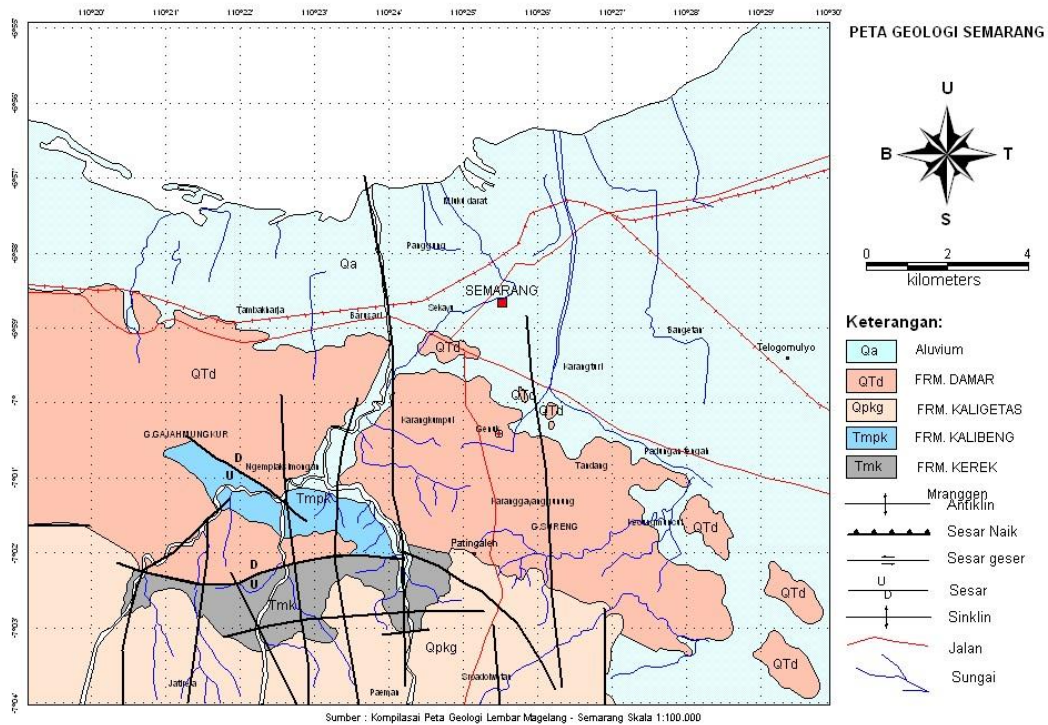


Titik T18

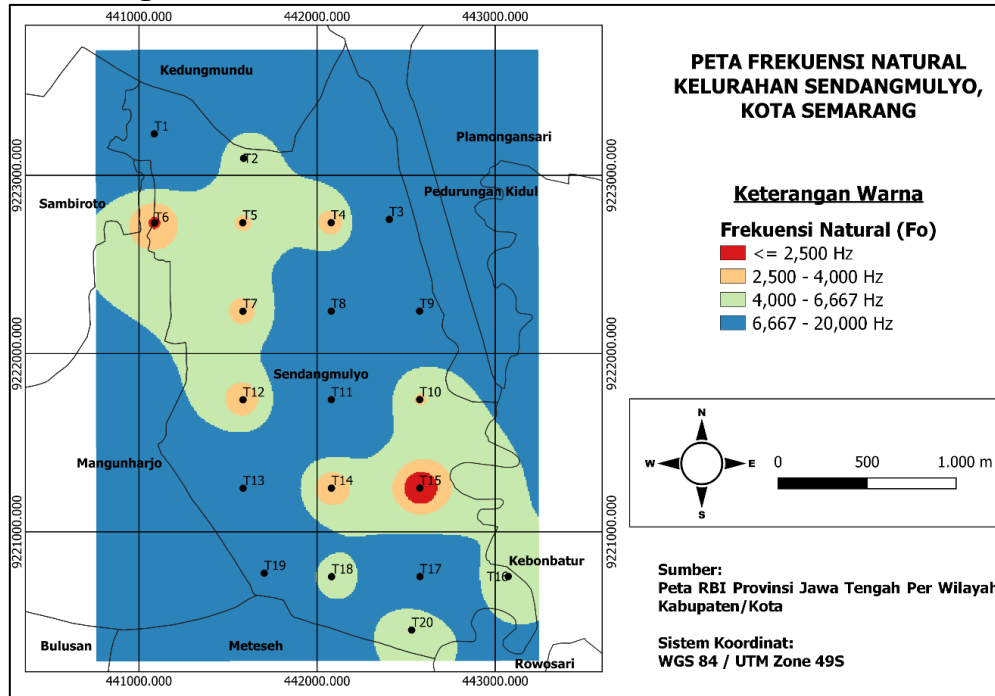




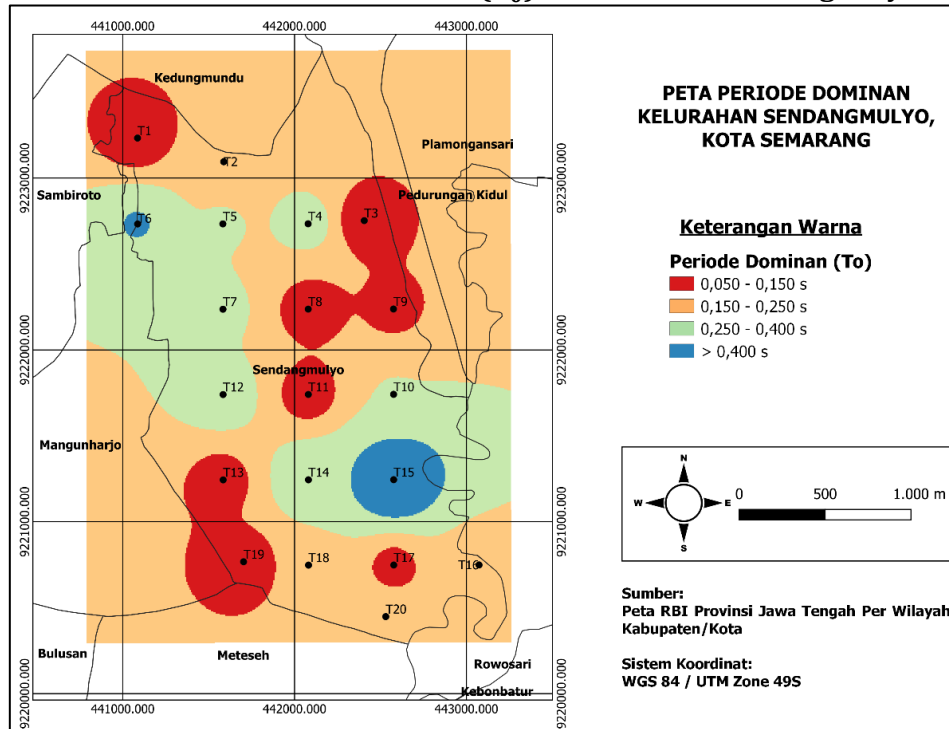
Lampiran 4 Peta Geologi Kota Semarang



Lampiran 5 Peta Mikrozonasi Frekuensi Natural (f_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang



Lampiran 6 Peta Mikrozonasi Periode Dominan (T_0) di Kelurahan Sendangmulyo Kota Semarang



Lampiran 7 Dokumentasi

Akuisisi Data Mikrotremor

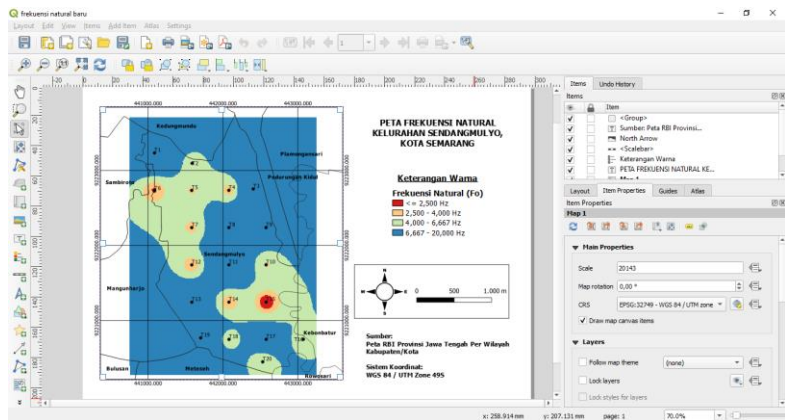


Pengolahan Data Mikrotremor Menggunakan Scilab versi 6.1.0

```

scilab sintetis_2.sce (C:\Users\AGUS 20\Documents\Olah Data - Scilab\sintetis_2.sce) - SciNotes
File Edit Format Options Window Execute ?
[Icons] [Tools] [Views] [Windows] [Help] [File] [Edit] [Format] [Options] [Window] [Execute] [?]
sintetis_2.sce (C:\Users\AGUS 20\Documents\Olah Data - Scilab\sintetis_2.sce) - SciNotes
sintetis_2.sce 158:158 158:158 158:158 158:158 158:158
158) T_xaa="xaa";
159
160) Y4=fft(FiltredSignal2);
161) h4=(0:length(FiltredSignal2)-1)/F4;
162) NN4=ceil(h4*10);
163) F4=F4*(0:(NN4/2))/(NN4/2);
164) nn4=ceil(F4*10);
165) if()
166
167) Y3=abs(Y4(1:nn4));
168) //plot(F4,Y3);
169) //xlabel('Frequency');
170) //ylabel('Amplitude');
171) //title('Komponen Vertikal');
172
173) //perhitungan NVSR
174) Q=V2^2/2;
175) P=V2^2/2;
176) Q=(Q-P)/2;
177) R=abs(Q);
178) P=V2^2;
179) NVSR=R./P;
180
181) plot(F4,NVSR);
182) xlabel('Frequency');
183) ylabel('R/V');
184) title('Ratio: R/V');
185

```

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Prima Vitra Varecha
2. Tempat, Tgl Lahir : Semarang, 9 Juni 1999
3. Alamat Rumah : Sendangmulyo, Tembalang,
Kota Semarang
4. No. HP : 0895361684591
5. Email : primafitra53@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. UIN Walisongo Semarang Lulus tahun 2022
 - b. SMA Negeri 02 Semarang Lulus tahun 2017
 - c. SMP Negeri 29 Semarang Lulus tahun 2014
 - d. SD Negeri Sendangmulyo
02 Semarang Lulus tahun 2011
2. Pendidikan Non-Formal
 - a. *Geophysics Software Training: QGIS For Geosciences*, HMTGF “Orthonorm” Universitas Pertamina (2021).
 - b. *Workshop* Manajemen Bencana, Forum Perguruan Tinggi untuk Pengurangan Risiko Bencana (2021).
 - c. *Student Exchange* MBKM lintas Universitas, matakuliah Manajemen Kebencanaan, Program Studi Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret (2021).
 - d. *Nation Building*, Djarum Foundation (2020).
 - e. *Leadership Development*, Djarum Foundation (2020).
 - f. *Character Building*, Djarum Foundation (2019).
 - g. *Shortcourse “Introduction and Processing to Microseismic Method”*, Geophysics Study Club UIN Walisongo Semarang bersama HMGI Wilayah 3 (2019).

C. Prestasi Akademik

1. *Awardee* Djarum Beasiswa Plus (Beswan Djarum) angkatan 35, *Djarum Foundation* (2019-2020).
2. Penerima Beasiswa DIPA, UIN Walisongo Semarang (2018).

Semarang, 9 Juni 2022

Prima Vitra Varecha

NIM: 1708026020