

**“ANALISA DATA MIKROTREMOR MENGGUNAKAN
METODE HVSR (*HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL
RATIO*) UNTUK MEMBUAT PETA PGA (*PEAK GROUND
ACCELERATION*)”**

SKRIPSI

Oleh :

HENDY AFIFUDIN SETIAWAN

115090707111006



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
2018**

**“ANALISA DATA MIKROTREMOR MENGGUNAKAN
METODE HVSR (*HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL
RATIO*) UNTUK MEMBUAT PETA PGA (*PEAK GROUND
ACCELERATION*)”**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam Bidang Fisika

Oleh :

HENDY AFIFUDIN SETIAWAN

115090707111006



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
2018**

**“ANALISA DATA MIKROTREMOR MENGGUNAKAN
METODE HVSr (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL
RATIO) UNTUK MEMBUAT PETA PGA (PEAK GROUND
ACCELERATION)”**

Oleh :

**HENDY AFIFUDIN SETIAWAN
115090707111006**

**Setelah dipertahankan di depan majelis penguji
pada tanggal.....
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika**

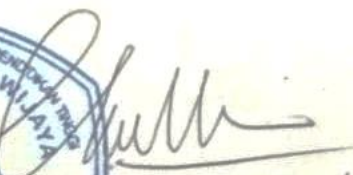
Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Sunaryo, S.Si., M.Si
NIP. 197106211998021001

Syawaldin Ridha, S.Si
NIP. 198706112008121002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**


Prof. Direr.nat Muhammad Nurhuda
NIP. 19640910199021001
FAKULTAS MIPA
JURUSAN FISIKA

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : HENDY AFIFUDIN SETIAWAN

NIM : 115090707111006

Jurusan : Fisika

Penulis Skripsi berjudul :

**“ANALISA DATA MIKROTREMOR MENGGUNAKAN
METODE HVSR (*HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL
RATIO*) UNTUK MEMBUAT PETA PGA (*PEAK GROUND
ACCELERATION*)”**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka Tugas akhir ini, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari diketahui bahwa isi Tugas akhir saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 17 Juli 2018

Yang menyatakan,

(HENDY AFIFUDIN SETIAWAN)

NIM. 115090707111006

**“ANALISA DATA MIKROTREMOR MENGGUNAKAN
METODE HVSR (*HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL
RATIO*) UNTUK MEMBUAT PETA PGA (*PEAK GROUND
ACCELERATION*)”**

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis percepatan tanah maksimum di area Kantor BMKG, Tretes, Jawa Timur. Penelitian ini digunakan untuk menentukan persebaran nilai percepatan tanah maksimum yang ada di daerah tersebut. Wilayah penelitian ini berada pada Lintang -7.66 dan Bujur 112.6 . Dilakukan pengambilan data di area kantor BMKG Tretes sebanyak 5 titik dan data sekunder gempabumi dari tahun 1967 - 2016 dari United States Geological Survey (USGS) yang terdapat 823 kejadian gempa bumi. Hasil didapatkan nilai percepatan tanah maksimum di area Kantor BMKG Tretes dengan rentang nilai dari yaitu $25,7 \text{ gal}$ dan sampai yang tertinggi $26,7 \text{ gal}$. Untuk Periode dominan menurut Kanai termasuk jenis II di karena nilai f_0 di rentan nilai 4, yang termasuk jenis ketebalan sendimen permukaannya kategori menengah dengan ketebalan 5-10 meter. Untuk Frekuensi Dominan mendapatkan rentan nilai di $0,2 \text{ Hz}$ yang dapat dikatakan dalam karakter yang keras.

Kata Kunci : BMKG, Periode Dominan , Frekuensi Dominan, Percepatan Tanah Maksimum, Jawa Timur.

repository.ub.ac.id

**“MICROTREMOR DATA ANALYSIS USING HVSR
(HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) MRTHOD
TO CREATE PGA (PEAK GROUND ACCELERATION)”**

ABSTRACT

The peak ground acceleration analysis has been done in BMKG Office area, Tretes, East Java. This research is used to determine the spread peak ground acceleration value in the area. The study area is located at Latitude -7.6 and Longitude 112.6. Data were taken in BMKG Tretes office area for 5 dots and secondary data of earthquake from 1967 - 2016 from United States Geological Survey (USGS) which was 823 earthquake events. The results obtained the peak ground acceleration value in the area of BMKG Tretes Office with a range of values from 25,7 *gal* and to the highest 26,7 *gal*. For the dominant period according to Kanai including type II in because the value of f_0 in vulnerable value 4, which belongs to the type of surface thickness of the surface of the medium category with a thickness of 5-10meter. For Dominant Frequency get a vulnerable value at 0.2 *Hz* which can be said in hard character.

Keywords: BMKG, Dominant Period, Dominant Frequency,P Ground Acceleration, East Java.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang di laksanakan pada 20 Juni 2016 sampai dengan 23 Juni 2018 dengan judu **ANALISA DATA MIKROTREMOR MENGGUNAKAN METODE HVSr (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) UNTUK MEMBUAT PETA PGA (PEAK GROUND ACCELERATION “**

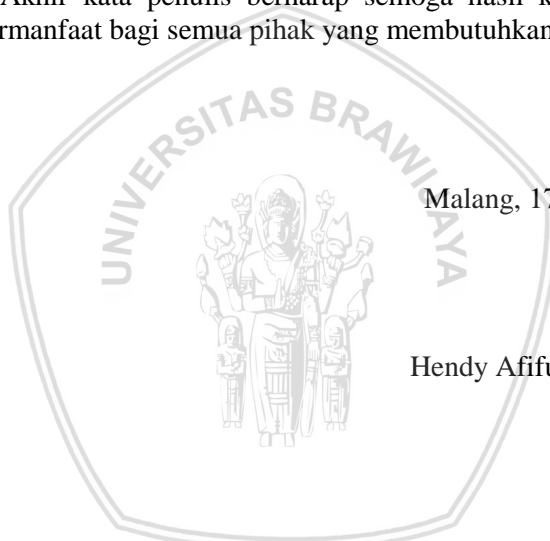
Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademis untuk mendapatkan gelar Sarjana Fisika serta memenuhi tanggung jawab penulis setelah melakukan Tugas Akhir di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Geofisika Kelas II Tretes. Dalam laporan Tugas Akhir ini akan di jelaskan tentang percepatan tanah maksimum dan daerah rawan bencana di daerah Jawa Timur.

Selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis banyak memperoleh bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, maka penulis menyampaikan ucapan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Keluarga tercinta, Bapak, Ibu saya yang selalu memberi dukungan moral, material dan spiritual selama penulis melaksanakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr.rer.nat Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya atas izin yang diberikan kepada penulis.
4. Bapak Dr.Sunaryo,S.Si.,M.Si selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir atas izin dan pengarahan serta bimbingan yang sudah diberikan selama pelaksanaan Tugas Akhir.
5. Bapak Suwardi, S.Si selaku kepala BMKG Stasiun Geofisika Kelas II Tretes yang telah memberikan izin untuk melakukan Tugas Akhir di BMKG Stasiun Geofisika Kelas II Tretes.
6. Bapak Syawalidin Ridha, S.Si selaku pembimbing II dari pihak BMKG Stasiun Geofisika Kelas II Tretes yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pelaksanaan Tugas Akhir.

7. Seluruh pegawai dan karyawan BMKG Stasiun Geofisika Kelas II Tretes yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
8. Dosen dan staff Jurusan Fisika atas ilmu dan pelayanan akademis yang di berikan selama ini kepada penulis.
9. Seluruh teman-teman Geofisika & Fisika 2011 maupun teman-teman PascaSarjana Fisika yang telah menemani penulis selama mencari ilmu di Universitas Brawijaya.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini mungkin jauh dari kata sempurna. Untuk itu, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat di harapkan untuk perbaikan dalam penelitian yang akan datang. Akhir kata penulis berharap semoga hasil karya tulis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Amin.



Malang, 17 Juli 2018

Hendy Afifudin Setiawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gempa Bumi.....	5
2.2 Dasar Gelombang Seismik dan Penjalarannya.....	5
2.2.1 Gelombang Badan (Body Wave).....	6
2.2.2 Gelombang Permukaan	8
2.3 Metode HVSR	10
2.4 Peak Ground Acceleration (PGA)	12
2.5 Fungsi Atenuasi	13
2.6 Transformasi Fourier	14
2.7 Mikrotremor	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	17
3.2 Pengambilan Data.....	17
3.2.1 Peralatan yang digunakan.....	17
3.3 Prosedur Pengambilan Data.....	17
3.4 Akuisisi Data	18
3.5 Langkah Langkah Pengambilan Data.....	19



3.6 Cara Download data	21
3.7 Cara Pengolahan Data	23
3.8 Tabel Pengamatan	26
3.9 Data USGS	27
3.10 Pengolahan Data.....	28
3.11 Diagram Alir.....	29
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Hasil dan Pembahasan	31
4.1.1 Lokasi Titik 1	31
4.1.2 Lokasi Titik 2.....	32
4.1.3 Lokasi Titik 3.....	34
4.1.4 Lokasi Titik 4.....	35
4.1.5 Lokasi Titik 5.....	37
4.2 Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	38
4.2.1 Frekuensi Dominan.....	40
4.2.2 Periode Dominan	41
4.2.3 Faktor Amplifikasi.....	42
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2	<i>Arah Gerak Partikel dan Arah Penjalaran Gelombang S (Wallace dan Thorne, 1995)</i>	6
Gambar 2.1	<i>Arah Gerak Partikel dan Arah Penjalaran Gelombang P (Wallace dan Thorne, 1995)</i>	7
Gambar 2.3	<i>Arah Gerak Partikel dan Perambatan Gelombang Rayleigh (Wallace dan Thorne, 1995)</i>	9
Gambar 2.4	<i>Arah Gerak Partikel dan Perambatan Gelombang Love (Wallace dan Thorne, 1995)</i>	9
Gambar 3.1	Gambar koordinat pengamatan dengan Google Earth	18
Gambar 3.2.	<i>Setting IP Address</i>	19
Gambar 3.3.	Skema Pengambilan Data	20
Gambar 3.4.	Cara <i>Download</i> Data 1	21
Gambar 3.5.	Cara <i>Download</i> Data 2	21
Gambar 3.6.	Cara <i>Download</i> Data 3	22
Gambar 3.7.	Cara <i>Convert</i> Data	22
Gambar 3.8.	Program <i>Geopsy</i>	23
Gambar 3.9.	<i>Signal</i> yang akan diolah menggunakan <i>Geopsy</i>	23
Gambar 3.10.	<i>Signal</i> yang sudah diseleksi menggunakan <i>Geopsy</i> dengan cacahan 30s	24
Gambar 3.11.	Spektrum H/V di Software <i>Geopsy</i>	25
Gambar 3.12.	<i>Tampilan Persebaran Gempabumi dari Tahun 1966 sampai 2016 USGS</i>	27
Gambar 3.13	<i>Diagram Alir Penelitian</i>	29
Gambar 4.1.	Tampilan <i>Waveform</i> Titik 1	31
Gambar 4.2.	Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi Titik 1	32
Gambar 4.3.	Tampilan <i>Waveform</i> Titik 2	33
Gambar 4.4.	Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi Titik 2	33
Gambar 4.5.	Tampilan <i>Waveform</i> Titik 3	34



Gambar 4.6. Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi Titik 3 35

Gambar 4.7. Tampilan *Waveform* Titik 4..... 36

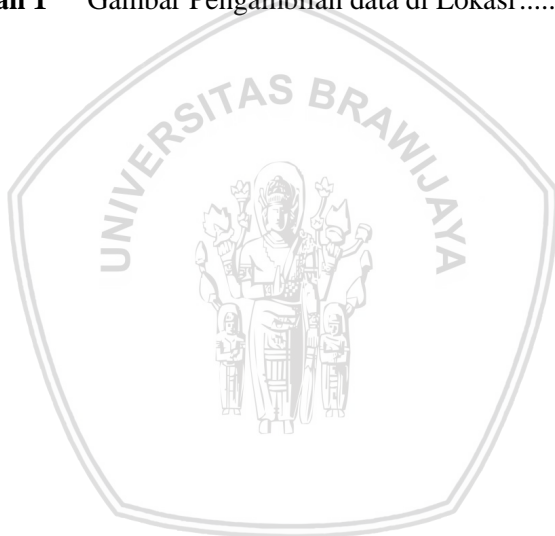
Gambar 4.8. Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi Titik 4 36

Gambar 4.9. Tampilan *Waveform* Titik 5..... 37

Gambar 4.10. Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi Titik 5 38

Gambar 4.11 Peta Zonasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum dikantor BMKG 38

Lampiran 1 Gambar Pengambilan data di Lokasi 47



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Waktu dan titik pengamatan pada Kantor BMKG	26
Tabel 3.2. Tampilan data hasil pengolahan data	28
Tabel 4.1. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR Titik 1	31
Tabel 4.2. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR Titik 2	32
Tabel 4.3. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR Titik 3	34
Tabel 4.4. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR Titik 4	35
Tabel 4.5. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR Titik 5	37
Tabel 4.6. Hasil klasifikasi tanah di daerah Tretes berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai	40
Tabel 4.7 Hasil klasifikasi tanah berdasarkan periode dominan oleh Kanai	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1	Gambar Pengambilan data di Lokasi outdoor	49
Lampiran 1.2	Gambar Pengambilan data di Lokasi indoor	50
Tabel 1.1	Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh <i>Kanai</i>	50
Tabel 1.2	Klasifikasi tanah menurut <i>Kanai dan Omote-Nakajima</i>	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan kawasan dengan kerawanan gempa yang tinggi. Hal ini karena Indonesia terletak di antara 3 lempeng tektonik besar diantaranya lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng tersebut saling bergerak satu dengan lainnya sehingga menyebabkan terjadinya gempa bumi. Gempa bumi didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah dan terletak pada lokasi tertentu, seperti di Indonesia ini. Gempa dapat dirasakan atau hanya dapat diamati dengan alat tertentu saja mempunyai sifat merusak dalam waktu singkat dan dapat sangat menghancurkan sehingga menimbulkan banyak korban harta benda dan jiwa. Terlebih jika gempa terjadi di kawasan yang terdapat bangunan vital, seperti pembangkit listrik maupun gedung-gedung pemerintahan. Gempa bumi berhubungan dengan attenuasi, yaitu berkurangnya energi gempa karena adanya pengaruh medium rambat (lapisan bawah bumi) menuju permukaan kerak bumi. Attenuasi dapat dihitung melalui persamaan yang telah dirumuskan oleh para ahli peneliti kegempaan.

Percepatan tanah maksimum hanya memberikan informasi kekuatan puncak gempa. Informasi tersebut berupa respon spektra gempa mengenai frekuensi gempa dan kemungkinan efek amplifikasinya. Informasi lainnya berupa riwayat waktu percepatan gempa berupa variasi besarnya beban gempa untuk setiap waktu selama durasi gempa. Suatu metoda analisis akan semakin sedikit parameter yang dibutuhkan apabila dalam menganalisisnya sederhana. Tetapi sebaliknya, semakin banyak parameter yang diperlukan maka akan menghasilkan perkiraan hasil yang semakin akurat. Percepatan tanah maksimum di permukaan tanah merupakan salah satu parameter penting di dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Oleh karena itu, dibutuhkan pengukuran dan perhitungan percepatan tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi. Dapat diketahui daerah mana yang rawan terhadap gempa bumi dengan mengetahui nilai percepatan tanah maksimum.

Menurut Desmonda dan Pamungkas (2014) Provinsi Jawa Timur, merupakan wilayah yang masuk dalam jalur pertemuan antara lempeng Eurasia dengan lempeng Indo-Australia yang letaknya di 200 km ke arah selatan. Hal ini dapat menyebabkan pada wilayah selatan Jawa Timur memiliki potensi terjadinya bencana gempa bumi tektonik. Sedangkan menurut Handewi (2014) gempa bumi tektonik yang terjadi pada wilayah Jawa Timur terjadi pada batas pembentukan lempeng samudra, pada batas pertemuan antara dua lempeng (daerah subduksi) dan pada daerah sesar yang aktif pada lempeng benua. Hal ini menjadi salah satu dasar untuk melakukan penelitian kembali untuk menentukan nilai percepatan pada wilayah Jawa Timur tetapi khususnya di area kantor BMKG Tretes, dikarenakan kantor BMKG tersebut banyak terdapat alat-alat pemantau Kegempaan yang sangat riskan apabila terjadi sebuah gempa yang mana akan membuat Kantor tersebut mengalami kerugian materi. Jika di lihat dari segi kerjanya, kantor BMKG tersebut harus 24 jam memantau dan memberi informasi ke seluruh masyarakat jika terdapat gempa yang berdampak besar kepada lingkungan, yang mana mengakibatkan kerugian materi maupun korban jiwa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, maka dapat dituliskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana zonasi yang di dapatkan untuk persebaran nilai percepatan tanah maksimum di area Kantor BMKG Pandaan?
2. Berapa nilai percepatan tanah maksimum di area kantor BMKG Pandaan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian dibatasi di daerah Kantor BMKG pandaan.
2. Perhitungan Percepatan tanah maksimum menggunakan metode Mc.Guirre R.K.

1.4 Tujuan Penelitian

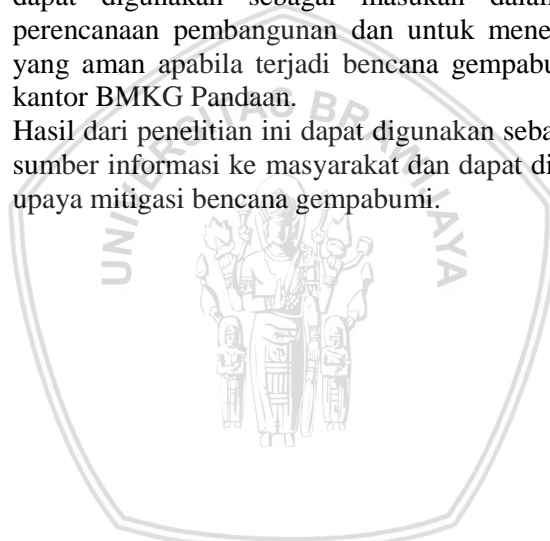
Tujuan yang ingin dicapai dengan dilakukanya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai percepatan tanah maksimum di area kantor BMKG Pandaan.
2. Menghitung periode dominan, frekuensi dominan dan faktor amplifikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari zonasi nilai percepatan tanah maksimum ini dapat digunakan sebagai masukan dalam melakukan perencanaan pembangunan dan untuk menentukan lokasi yang aman apabila terjadi bencana gempabumi di sekitar kantor BMKG Pandaan.
2. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu sumber informasi ke masyarakat dan dapat dijadikan untuk upaya mitigasi bencana gempabumi.





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Gempabumi

Gempabumi adalah suatu guncangan atau sentakan tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi dari kerak bumi secara tiba-tiba. Energi yang dihasilkan ini dapat terbentuk dari berbagai sumber yang berbeda-beda seperti pergerakan dari lempeng bumi, dari erupsi gunung api dan dapat juga dapat terbentuk dari akibat aktivitas yang dilakukan oleh manusia atau dapat terjadi karena ada runtuhnya sebuah goa bawah tanah. Kejadian gempabumi, dalam hal ini gempa tektonik, dapat dijelaskan dengan sebuah teori pergerakan lempeng tektonik dalam skala yang luas. Teori lempeng tektonik menunjukkan bahwa terjadinya gempabumi merupakan gejala atau tanda dari pergeseran tektonik yang aktif, hal ini dapat dikatakan bahwa sebagian besar aktivitas seismik yang hebat terjadi di batas lempeng (Elnashai dan Di Sarno, 2008).

Gempabumi adalah sebuah getaran atau dari berbagai getaran (Serentetan) getaran yang terjadi di kulit bumi yang memiliki sifat hanya sementara dan dapat menyebar ke segala arah. Kemudian gempabumi dapat juga di artikan sebagai hentakan yang besar dan terjadi secara sekaligus yang diakibatkan dari penimbunan energi elastik atau *strain* secara kontinuitas akibat dari adanya proses pergerakan lempeng benua atau lempeng samudera. Dalam proses gempabumi memiliki waktu awal dan waktu akhir terjadinya getaran. Terdapat dua teori yang menyatakan proses terjadinya gempabumi, yaitu yang pertama adalah pergeseran sesar dan yang kedua adalah teori kekenyalan elastis. Akan tetapi dalam berbagai kasus yang sering terjadi biasanya disebabkan karena gerak tiba-tiba sepanjang sesar (Bolt, 1978).

2.2 Dasar Gelombang Seismik dan Penjalaranya

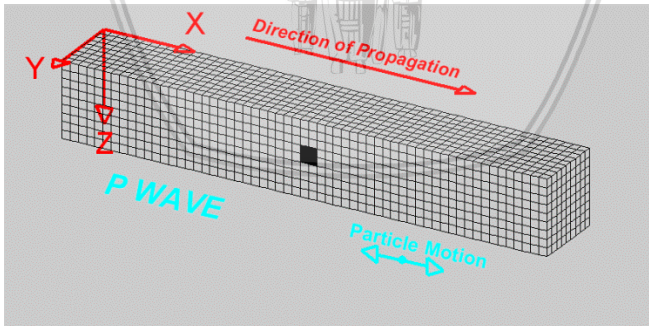
Gelombang seismik adalah gelombang yang dapat merambat melalui dua medium yang berbeda, yaitu medium permukaan dan dibawah permukaan bumi. Perambatan yang terjadi tergantung dari sifat elastisitas yang dimiliki oleh batuan-batuan tertentu yang berada di permukaan atau bawah permukaan bumi. Terdapat dua gelombang pada gelombang seismik, yaitu gelombang badan (*Body*

Wave) pada dasarnya gelombang ini melalui bidang interior bumi, kemudian terdapat juga gelombang permukaan (*Surface Wave*) yang merambat melalui luar bumi. Pada gelombang badan dibagi lagi menjadi gelombang P dan gelombang S, sedangkan pada gelombang permukaan dibagi lagi menjadi gelombang rayleigh (*Ground Roll*) dan gelombang love (Telford, et.al, 1990).

2.2.1 Gelombang Badan (Body Wave)

Gelombang badan merupakan gelombang yang memiliki energi dan energi tersebut ditransfer melalui medium didalam bumi (Priyono, 2006). Berdasarkan sifat gerakan partikel mediumnya, Gelombang badan ini dibagi menjadi dua, yaitu gelombang-P / gelombang Primer dan gelombang-S / gelombang Sekunder.

- Gelombang Primer merupakan gelombang yang memiliki arah getar partikel mediumnya searah dengan arah perambatannya. Gelombang ini dapat juga disebut sebagai gelombang kompresi (*compressional wave*) karena terbentuk dari getaran yang menjalar dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Gelombang ini akan mengalami kompresi dan dilatasi pada titik tertentu, dapat di lihat pada Gambar 2.1 dibawah ini (Wallace dan Thorne, 1995).



Gambar 2.1 Arah Gerak Partikel dan Arah Penjalaran Gelombang P (Wallace dan Thorne, 1995)

Berikut ini adalah persamaan dari kecepatan gelombang P dapat dilihat pada persamaan (2.1) sebagai berikut:

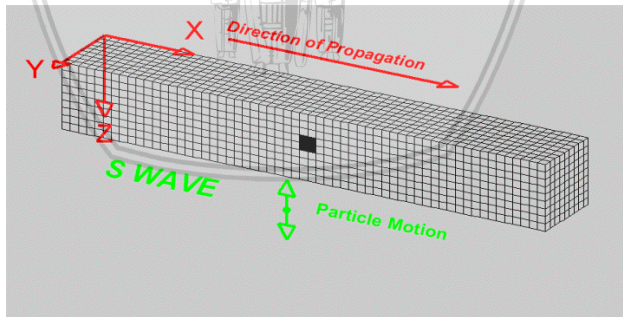
$$v_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (2.1)$$

dimana : v_p = Kecepatan Gelombang P ρ = Densitas

k = Modulus Bulk

μ = Modulus Geser

- Gelombang Transversal merupakan gelombang yang memiliki arah getar atau osilasi partikel-partikel mediumnya tegak lurus dengan arah perambatanya. Gelombang ini dapat di katakan juga sebagai gelombang geser atau dapat disebut dengan istilah shear wave (*S wave*), dapat di katakan demikian karena sejatinya gelombang ini hanya dapat menggeserkan deformasi dan tidak bisa untuk merubah volumenya. Gelombang ini tidak dapat menjalar atau merambat pada fluida, berikut ini merupakan gambar sistematis pergerakan partikel pada gelombang S yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Wallace dan Thorne, 1995) dibawah ini :



Gambar 2.2 Arah Gerak Partikel dan Arah Penjalaran Gelombang S (Wallace dan Thorne, 1995).

Berikut ini adalah persamaan dari percepatan gelombang S dapat dilihat pada persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$

dimana : v_s = Kecepatan Gelombang S ρ = Densitas

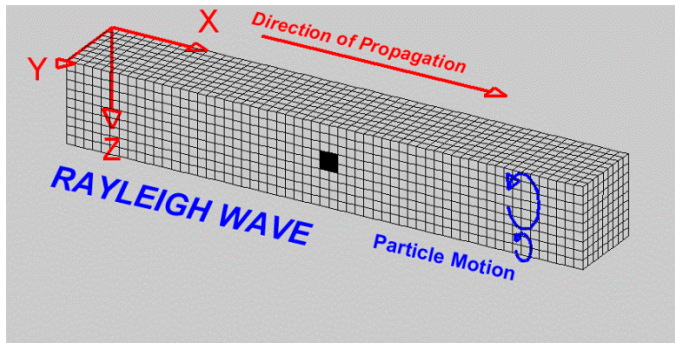
μ = Modulus Geser

Dari persamaan tersebut tidak ada variabel k, seperti pada persamaan gelombang P.

2.2.2. Gelombang Permukaan

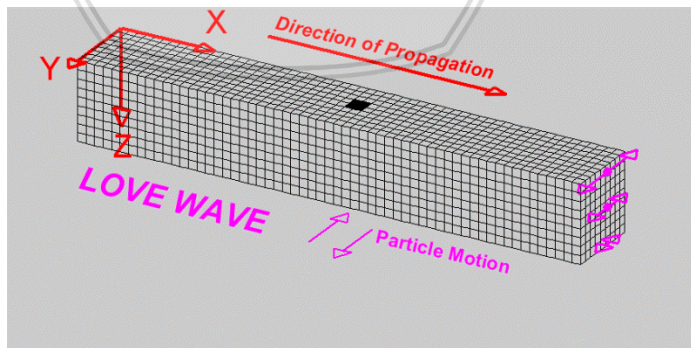
Gelombang permukaan adalah gelombang yang energinya di transfer hanya di permukaan bumi secara bebas dan dapat menjalar dalam bentuk *ground roll* yang memiliki kecepatan gelombangnya berkisar dari 500 m/s hingga 600 m/s (Priyono, 2006). Gelombang permukaan pada sejatinya memiliki nilai frekuensi yang rendah dan memiliki nilai amplitude yang besar, dalam gelombang ini dibagi menjadi dua gelombang yaitu gelombang Love dan gelombang Rayleigh. Kedua gelombang ini merupakan gelombang permukaan yang dihasilkan dari interaksi gelombang P dan gelombang S dengan kondisi batas pada tubuh bumi (Tegangan geser di permukaanya hilang) (Wallace dan Thorne, 1995).

- Gelombang Rayleigh merupakan gelombang yang memiliki pergerakan tambahan dari persamaan elastis gerak dari gelombang tubuh dengan permukaan bebas, hal ini di buktikan oleh Rayleigh pada tahun 1997. Hal ini dapat melibatkan gerakan gelombang terbatas dan menyebar sepanjang permukaan tubuh (Wallace dan Thorne, 1995). Gelombang ini memiliki amplitude yang besar (hampir dua kali amplitude refleksi) dan memiliki frekuensi yang rendah. Berikut merupakan gambar dari gerakan partikel dari gelombang Rayleigh dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3 Arah Gerak Partikel dan Perambatan Gelombang Rayleigh (Wallace dan Thorne, 1995)

- Gelombang Love merupakan gelombang geser (*S wave*) yang terpolarisasi secara horizontal dan tidak akan menghasilkan perpindahan vertikal. Kemudian untuk kecepatan merambat gelombang permukaan ini selalu lebih kecil dari pada kecepatan gelombang P, dan umumnya lebih lambat dari pada gelombang S. Pada tahun 1911, Love mengkararakteristikan sebuah tipe kedua dari pergerakan gelombang permukaan. Pergerakan ini di hasilkan pata batasan tubuh dengan properti lapisan material (Wallace dan Thorne, 1995). Berikut merupakan gambar dari gerakan partikel dari gelombang Love dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Arah Gerak Partikel dan Perambatan Gelombang Love (Wallace dan Thorne, 1995)

2.3 Metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Rasio* atau yang biasa disingkat menjadi HVSR adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis studi efek lokal dan tingkat kerentanan suatu daerah terhadap adanya bahaya atau bencana. Prinsip dasar pada metode ini yaitu memperhitungkan perbandingan rasio amplitudo spektrum komponen horisontal terhadap komponen vertikal yang berasal dari getaran *noise* suatu lingkungan dan terekam disalah satu stasiun atau sensor. Hasil analisis dari HVSR akan menunjukkan suatu puncak spektrum dari frekuensi yang paling dominan (Nakmura, 1989).

Persamaan 2.3 dibawah ini merupakan perhitungan yang menunjukkan perbandingan spektrum antara komponen horisontal dan komponen vertikal (Wibowo, 2015).

$$HVSR = \frac{\sqrt{(A_{east}(f))^2 + (A_{north}(f))^2}}{A_{vertical}(f)} \quad (2.3)$$

dimana:

$HVSR$ = nilai perbandingan spektrum komponen horisontal dan komponen vertikal

$A_{east}(f)$ = nilai amplitudo spektrum komponen timur-barat

$A_{north}(f)$ = nilai amplitudo spektrum komponen utara-selatan

$A_{vertical}(f)$ = nilai amplitudo spektrum komponen vertikal

Panou, dkk(2004) mendeskripsikan bahwa adanya hubungan antara spektrum HVSR dengan data kerusakan akibat gempa bumi. Nilai intensitas kerusakan yang bernilai tinggi terjadi pada zona yang memiliki frekuensi rendah, namun nilai faktor amplifikasinya besar. Sebaliknya, nilai intensitas kerusakan yang bernilai rendah terjadi pada zona yang berfrekuensi tinggi dan nilai faktor amplifikasi yang rendah.

- **Frekuensi dominan (f_0)**

Frekuensi dominan merupakan nilai frekuensi yang menunjukkan jenis dan karakteristik dari lapisan batuan di wilayah tersebut. Nilai frekuensi dominan didapatkan dari analisa metode HVSR.

- **Periode dominan (T_0)**

Menurut Nakamura (1989) periode dominan mempunyai keterkaitan dengan kedalaman lapisan sedimen lunak. Periode dominan yang tinggi pada suatu wilayah menunjukkan sedimen lunak yang tebal cenderung mengalami penguatan yang tinggi sehingga rentan mengalami kerusakan dan sebaliknya periode dominan yang rendah menunjukkan sedimen lunak yang tipis. Periode dominan didapat dari nilai frekuensi resonansi berdasarkan hubungan :

$$T_0 = \frac{1}{f_0} \quad (2.4)$$

dimana:

T_0 = periode dominan (s)

f_0 = frekuensi dominan (Hz)

- **Faktor Amplifikasi**

Faktor amplifikasi merupakan perbandingan antara batuan dasar (*bedrock*) terhadap percepatan maksimum gempabumi di permukaan tanah. Besaran amplifikasi dapat diestimasi dari kontras impedansi antara *bedrock* dan sedimen permukaan (Gosar, 2007). Semakin besar perbedaan parameter tersebut, semakin besar pula nilai amplifikasi perambatan gelombangnya. Dengan adanya korelasi antara puncak spektrum H/V dengan distribusi kerusakan gempabumi, nilai faktor amplifikasi suatu daerah dapat diketahui melalui tinggi puncak spektrum kurva H/VS dari hasil pengukuran mikrozonasi (Nakamura, 2000).

Menurut Sato, dkk. (2004), terdapat dua amplifikasi gelombang gempa yang dapat merusak bangunan. Pertama, adanya gelombang yang terjebak di lapisan lunak sehingga menyebabkan terjadinya superposisi antar gelombang. Kedua, adanya kesamaan frekuensi yang terdapat di bangunan tersebut dengan geologi setempat.

2.4 Peak Ground Acceleration (PGA)

Percepatan tanah atau disebut juga parameter percepatan gelombang seismik merupakan salah satu parameter yang penting dalam *earthquakes engineering*. Nilai percepatan tanah tersebut menunjukkan resiko gempa bumi yang perlu diperhitungkan, terutama untuk perencanaan bangunan. Nilai percepatan tanah yang di perhitungan dalam perencanaan bangunan tersebut adalah nilai percepatan tanah maksimum. Setiap terjadinya gempa akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat (Ibrahim dan Subardjo, 2004). Menurut Sehad dan Dewi(2012), nilai percepatan tanah yang lazim digunakan adalah Percepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Acceleration*), yaitu percepatan getaran tanah tertinggi yang pernah terjadi di suatu kawasan akibat adanya gempa bumi. Satuan yang digunakan adalah cm/s^2 atau biasa disebut gal. Dengan asumsi bahwa getaran gempa merupakan gelombang sinusoida, maka percepatan tanah dapat dirumuskan menjadi persamaan 2.5 (Suharno, 2007).

$$a = 4\pi^2 \frac{A}{T^2} \quad (2.5)$$

dengan:

a = percepatan getaran tanah (gal)

A = amplitudo getaran

T = periode getaran (s)

Jika ditinjau secara fisis, percepatan tanah sangat bergantung pada amplitudo getaran dan periode getaran. Nilai percepatan tanah ditentukan oleh besarnya magnitudo gempa, kedalaman sumber gempa, jarak episenter dan keadaan tanah itu sendiri. Perhitungan nilai PGA ini menggunakan metode Kanai. Rumus empiris dengan metode ini merupakan pengembangan dan penyempurnaan dari rumus-rumus yang telah ada sebelumnya(Suharno, 2007).Persamaan 2.6 dibawah ini adalah persamaan empiris dari percepatan tanah maksimum berdasarkan metode Mc.Guirre R.K:

$$\alpha_g = \frac{5}{\sqrt{Tg}} 10^{0,61M_s - \left(1,66 + \frac{3,6}{R}\right) \log R + 0,167 - \frac{1,83}{R}} \quad (2.6)$$

Dengan α Nilai percepatan getaran tanah titik pengamatan (gal), T_g Periode dominan tanah titik pengamatan (s), M_s magnitudo surface/gempa (SR) dan R jarak hiposenter (km) ke stasiun.

2.5 Fungsi Atenuasi

Prediksi hubungan empiris untuk parameter gempa yang melemah (berkurang) sejalan dengan bertambahnya jarak, seperti percepatan puncak dan kecepatan puncak, dikenal sebagai fungsi atenuasi (*attenuation relationship* atau *attenuation function*). Analisa resiko gempa dengan menggunakan model USGS maupun Gumbel memerlukan nilai percepatan tanah akibat gempa. Pada analisis resiko gempa apabila lokasi yang ditinjau tidak mempunyai data rekaman gempa, maka untuk memperkirakan besarnya percepatan maksimum tanah digunakan fungsi atenuasi. Fungsi atenuasi adalah suatu fungsi yang menggambarkan korelasi antara intensitas (i) gerakan tanah setempat, magnitudo (M) dan jarak (R) dari sumber titik dalam daerah sumber gempa.

Memperkirakan fungsi atenuasi untuk gerakan tanah akibat gempa, telah menjadi subjek yang menarik dalam penelitian bidang kegempaan. Fungsi atenuasi merupakan alat yang penting dalam mengaplikasikan resiko kegempaan dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi atenuasi adalah :

1. Mekanisme gempa

Gempa-gempa besar biasanya terjadi karena pergeseran tiba-tiba lempeng tektonik yang mengakibatkan terlepasnya energi yang sangat besar. Pergeseran lempeng tektonik ini bias terjadi pada daerah subduction, ataupun pada patahan yang tampak di permukaan bumi, seperti patahan semanko di Sumatera. Gempa yang terjadi pada daerah *subduction* biasanya merupakan gempa dalam yang mempunyai kandungan frekuensi yang berbeda dengan gempa dangkal. Gempa dalam biasanya mempunyai gelombang permukaan yang lebih sedikit, sehingga memberikan spektrum respon yang lebih rendah pada periode tinggi. Oleh karena itu rumus-rumus atenuasi untuk gempa subduction harus dipisahkan dari gempa *strike slip*.

2. Jarak episenter

Respon spectrum dari gempa yang tercatat pada batuan mempunyai bentuk yang berbeda tergantung jarak episenternya (near field, mid field, dan far field). Gempa *near field* memberikan respon yang tinggi pada perioda yang rendah tapi mengecil secara drastis dengan bertambah perioda. Di lain pihak, gempa far field pada perioda rendah tetapi responnya terlihat konstan sampai perioda sekitar satu detik. Hal ini menunjukkan adanya perubahan kandungan frekuensi gempa dengan semakin jauhnya suatu daerah yang ditinjau ke episenter.

3. Kondisi tanah lokal

Kondisi tanah lokal mempunyai peran yang sangat penting dalam menentukan respon suatu daerah terhadap gelombang gempa. Respon gempa yang tiba di batuan dasar bisa diperkuat, diperlemah atau berubah kandungan frekuensinya karena tersaringnya getaran berfrekuensi tinggi.

Menurut Rosita dewi, 2013, sejak percepatan puncak secara umum digunakan untuk mendeskripsikan parameter gerakan tanah (*ground motion*), banyak persamaan atenuasi yang dikembangkan dan diusulkan oleh para peneliti, antara lain Fukushima dan Tanaka (1990), Crouse (1991), Joyner dan Boor (1981, 1988), Youngs et al (1997) dan lainnya.

2.6 Transformasi Fourier

Aplikasi dari transformasi Fourier dalam survey mikrotremor adalah mengubah gelombang seismik yang berdomain waktu menjadi domain frekuensi. Transformasi Fourier ini merupakan metode untuk mendekomposisi suatu gelombang seismik menjadi beberapa gelombang harmonik sinusoidal dengan frekuensi yang berbeda-beda. Sejumlah gelombang sinusoidal tersebut disebut sebagai Deret Fourier. Persamaan transformasi Fourier dalam kasus ini ditunjukkan pada persamaan 2.7 berikut (Park, 2010).

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

$$= \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cos(2\pi ft) dt - j \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \sin(2\pi ft) dt \quad (2.7)$$

dengan:

$X(f)$ = fungsi dalam domain frekuensi

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

$x(t)$ = fungsi dalam domain waktu

f = frekuensi

Persamaan 2.7 tersebut yang digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Namun, dengan keterbatasan komputer, maka persamaan tersebut didekati dengan persamaan yang ditunjukkan oleh 2.8 berikut, dengan m dan n adalah bilangan bulat.

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cos(2\pi ft) dt &\rightarrow \sum_n x(n\Delta t) \cos(2\pi f n\Delta t) \Delta t \\ &= \sum_n x(n\Delta t) \cos(2\pi n m \Delta t \Delta f) \Delta t \\ &= \sum_n x(n\Delta t) \cos\left(2\pi \frac{nm}{N}\right) \Delta t \end{aligned} \quad (2.8)$$

Dalam domain waktu, periode suatu sinyal dinyatakan sebagai $T = N\Delta t$, sedangkan pada domain frekuensi $\Delta f = \frac{f_s}{N}$ dengan Δf menyatakan interval antar frekuensi dan $f_s = \frac{1}{\Delta t} = N\Delta f$. Dengan demikian, pada persamaan 2.8 $\Delta t \Delta f = \frac{1}{N}$, yang merupakan penghubung antara domain waktu dan domain frekuensi. Proses yang digunakan dalam penelitian ini yaitu FFT (*Fast Fourier Transform*). Prinsip kerja dari FFT adalah membagi sinyal hasil penyamplingan menjadi beberapa bagian yang kemudian masing-masing bagian diselesaikan dengan algoritma yang sama dan hasilnya dikumpulkan kembali (Riyanto, dkk, 2009).

2.7 Mikrotremor

Berdasarkan asumsi dari Kanai (1983) bahwa mikrotremor adalah getaran tanah yang terjadi secara alami dan berlangsung secara terus-menerus. Sumber getaran tersebut berbagai macam, antara lain lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain. Selain itu mikrotremor juga dapat diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus-menerus, terjebak di lapisan sedimen dan dapat terpantulkan karena adanya bidang batas lapisan material dengan nilai frekuensi yang tetap. Penelitian mikrotremor digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan material di bawah permukaan berdasarkan dua parameter, yaitu periode dominan dan faktor penguatan gelombang (amplifikasi). Mikrotremor memiliki frekuensi

yang lebih tinggi dari frekuensi gempa bumi. Periode yang dimiliki oleh mikrotremor pada umumnya berkisar antara 0.05-2 detik, sedangkan nilai amplitudonya berkisar antara 0.1-2 mikron.



BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

3.1.1. Waktu Pelaksanaan

Tugas Akhir ini dilaksanakan pada tanggal 20 juni – 20 juli 2016 di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tretes di Jalan Sedap Malam, Mlaten, Pandaan, Pasuruan Jawa Timur.

3.2. Pengambilan Data

3.2.1 Peralatan yang digunakan

Pada pelaksanaan Tugas Akhir di Kantor BMKG tretes, ada beberapa alat yang digunakan yaitu:

1. Sensor TDS-4A
2. Data *Logger* TDL-303S
3. GPS Garmin 76CSx
4. Kompas 5006LMS
5. *Accu*
6. Laptop
7. *Inverter* DC-AC
8. *Software MonoSt, Netrec dan Datapro5.2*

3.3. Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data mikrotremor menggunakan digital portable seismograph ini terdapat beberapa langkah . Tahap awal yaitu melakukan desain survey pada lokasi yang akan diukur nilai mikrotremornya kemudian setelah sudah ditentukan lokasi serta titik pengukuran barulah dapat dilakukan pengambilan data.

a. Desain Survey

Langkah awal dalam desain survey adalah menentukan lokasi mana yang akan dihitung nilai mikrotremornya , kemudian lokasi tersebut dibagi lebih kecil lagi agar lebih mudah saat pengambilan data dan pengamatan Lokasi tersebut disebut Mikrozonasi , yaitu pembagian daerah rawan gempa bumi ke dalam system zonasi tertentu berdasarkan karakteristik spesifik dalam skalam mikro Kemudian dapat dilakukan desain survey menggunakan “Google Earth” lalu plot titik titik pengukuran serta tentukan spasi antar titiknya.

3.4. Akuisisi Data

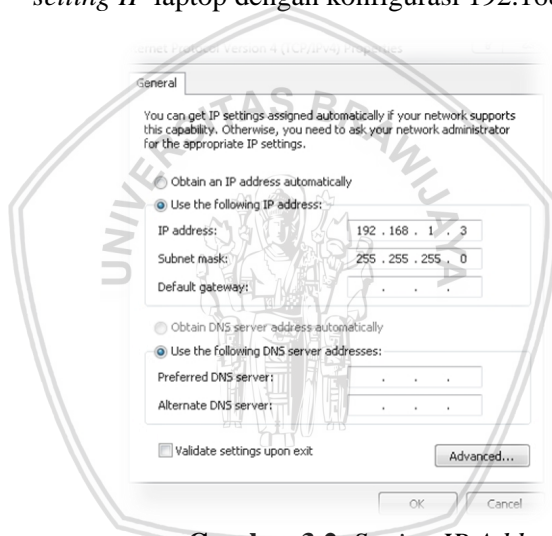
Untuk akuisisi data diperlukan pengecekan alat terlebih dahulu sebelum akuisisi ke lapangan . Setelah dipastikan alat sudah siap dan lengkap dapat dilakukan *tracking* dahulu untuk mengetahui pasti titik yang ada pada desain survey .Apabila mengalami perubahan / menggeser titik karena kondisi lapangan tidak memungkinkan maka dicatat kembali koordinat yang baru. Hal – hal yang dicatat saat akuisisi data adalah , waktu mulai dan akhir perekaman , ketinggian , koordinat , kondisi sekitar dan noise apa saja yang terjadi . Pengambilan data dilakukan kurang lebih sekitar 30 menit per titik koordinatnya.



Gambar 3.1 Gambar koordinat pengamatan dengan Google Earth.

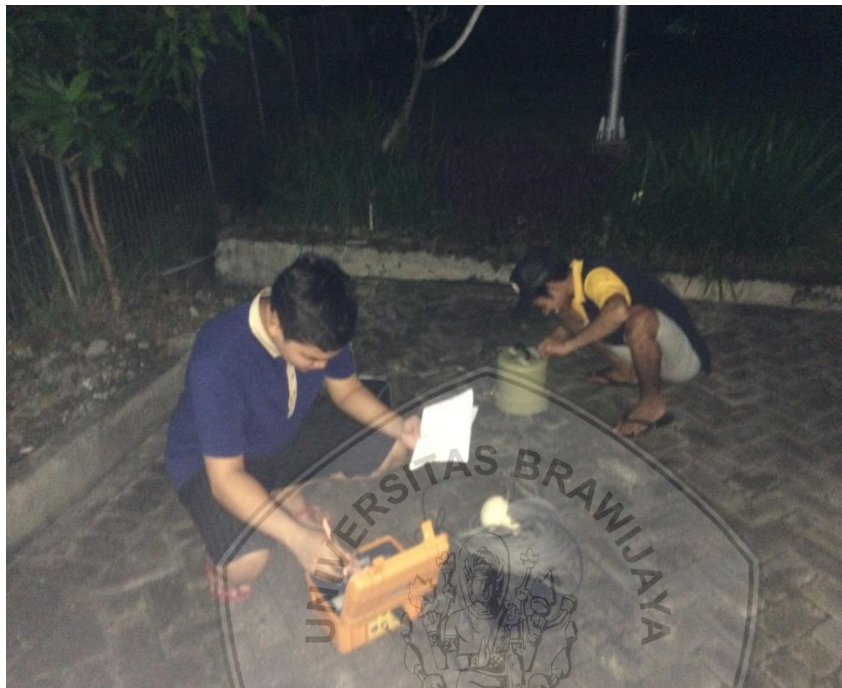
3.5 Langkah-langkah pengambilan Data dan Pengolahan

1. Peralatan disiapkan terlebih dahulu
2. Sensor
3. *Levelling* dilakukan untuk memposisikan alat pada tempat yang datar (ditandai dengan bullseye berada di tengah)
4. Kabel dihubungkan pada masing-masing port (port GPS pada GPS, port *DataLogger* pada aki, dan port *Ethernet* pada Laptop)
5. Atur *IP Address* untuk koneksi dari data logger ke Laptop, dimana *IP DataLogger* adalah 192.168.1.2 kemudian *setting IP* laptop dengan konfigurasi 192.168.1.



Gambar 3.2. *Setting IP Address*

6. *SoftwareMonoSt* dijalankan untuk melihat sinyal yang terekam.
7. Data diambil kurang lebih selam 30 Menit.

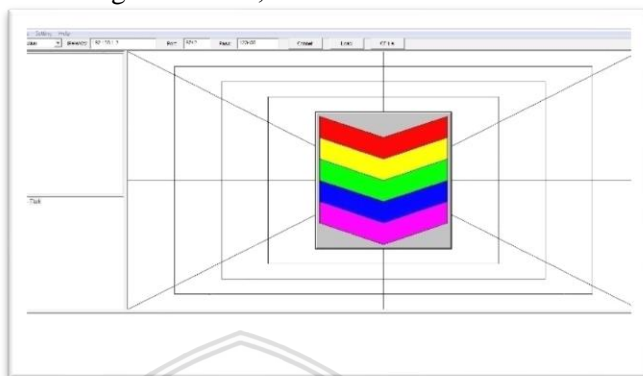


Gambar 3.3. Skema Pengambilan Data.

8. Download data dari Program *Netrec* (Program bawaan TDS).

3.6 Cara *Download* Data

1. Buka Program *Netrec*, kemudian klik “*connect*”.




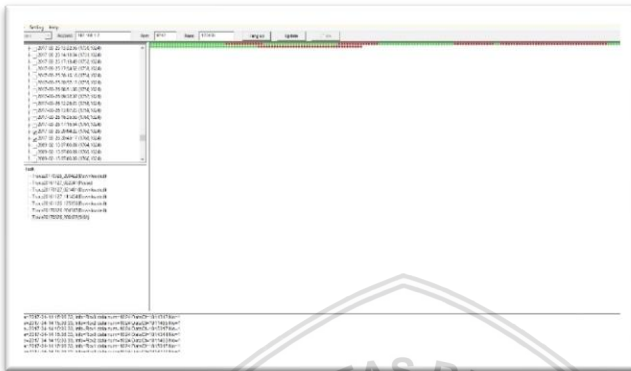
Gambar 3.4. Cara *Download* Data 1.

2. Buka “*Trace*”, kemudian Pilih *Signal* hasil rekaman.



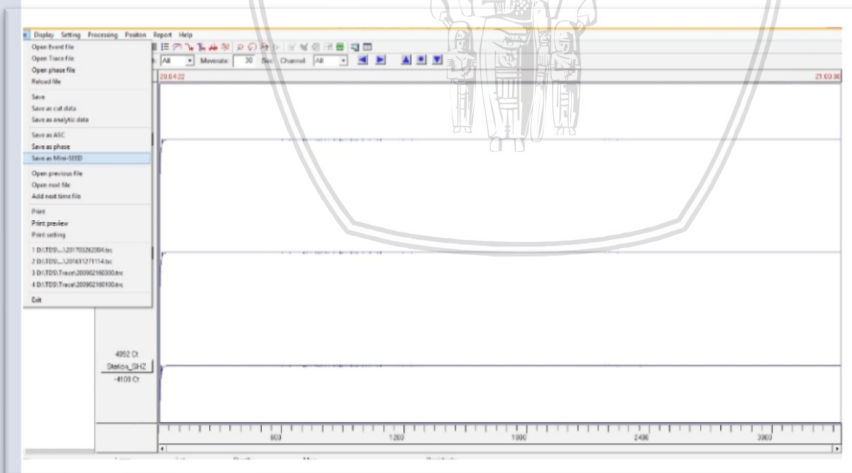
Gambar 3.5. Cara *Download* Data 2.

3. Klik Tombol  untuk *download* data/signal, setelah *download* selesai klik *save* dan pilih *folder* tempat penyimpanan data.



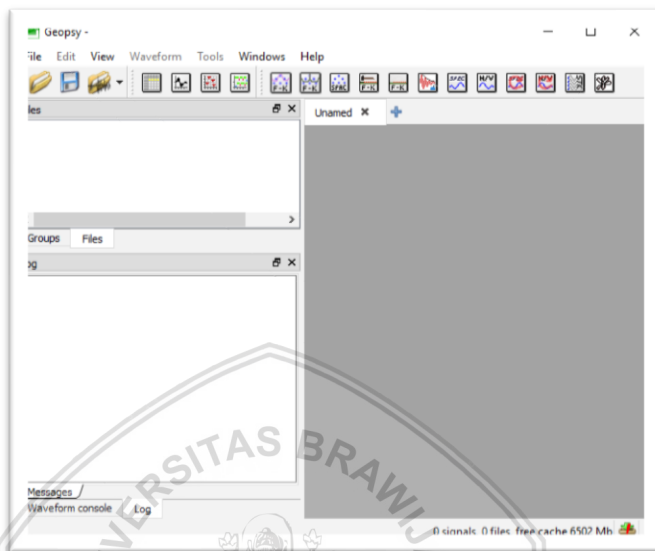
Gambar 3.6.Cara Download Data 3.

4. Buka *Datapro 5.2* untuk mengkonversi format data *.trc ke *.msd (*miniseed*), klik *file* kemudian *Save as Mini-Seed*, dan pilih *folder* tempat penyimpanan data.



Gambar 3.7.Cara Convert Data.

3.7 Cara Pengolahan Data





Gambar 3.8. Program Geopsy.

1. Buka Program Geopsy.



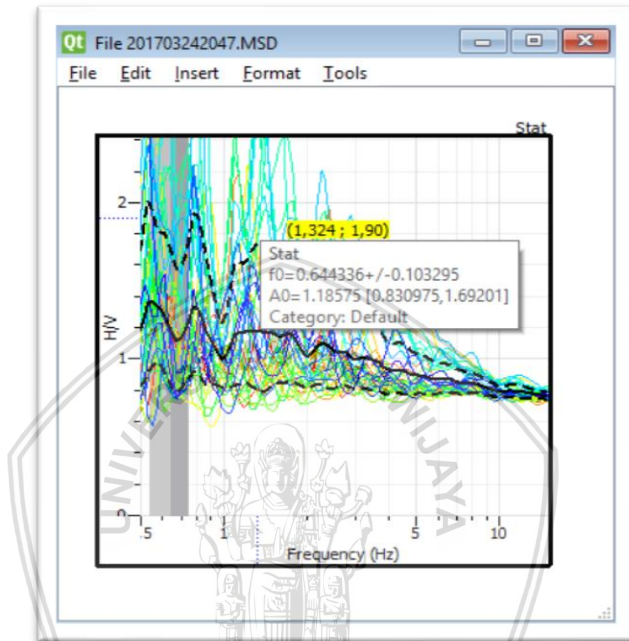
Gambar 3.9. Signal yang akan diolah menggunakan Geopsy

2. *Import Signal* dalam format *.MSD atau *Mini-Seed*.
3. Klik Tombol ,  kemudian atur panjang cacahan bisa 5s, 10s, , 20s, 50s disesuaikan dengan petunjuk pada buku *Sesame HV User Guidelines*, kemudian beri tanda pada *Anti-triggering on raw signal* dan *filtered signal*, kemudian klik “select” pilih “auto” kemudian klik .
4. “start”.



Gambar 3.10. *Signal* yang sudah diseleksi menggunakan *Geopsy* dengan cacahan 30s.

5. Lihat spektrum H/V yang sudah diolah menggunakan *Geopsy*, kemudian catat parameter yang dihasilkan, yaitu; frekuensi dominan (f_0) dan Amplifikasi (A_0).



Gambar 3.11.Spektrum H/V di Software *Geopsy*.

6. Untuk Mencari periode dominan ($T_0 = \frac{1}{f_0}$),

3.8 Tabel Pengamatan

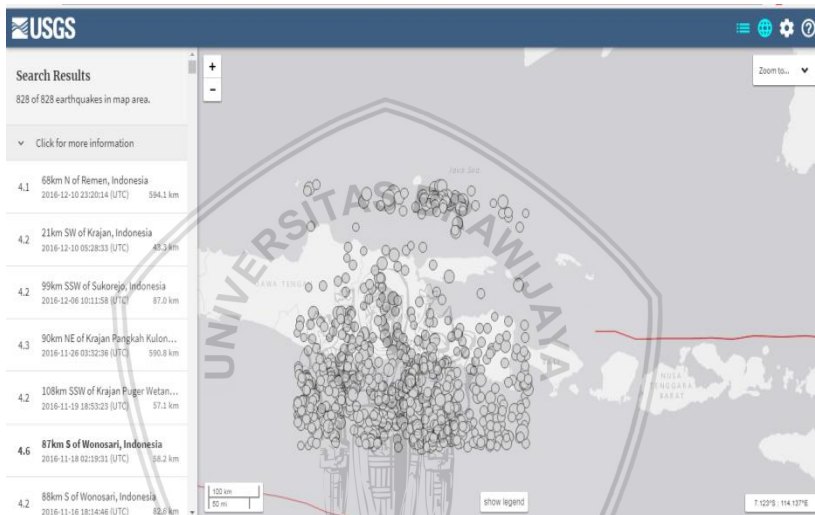
Tabel dibawah merupakan data titik pengamatan yang berada pada kantor Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tretes. Yang mana dilakukan pengamatan sebanyak 5 titik.

Tabel 3.1 Waktu dan titik pengamatan pada Kantor BMKG.

TITIK	LS	BT	KETINGGIAN	WAKTU
1	-7.663950 ⁰	112.688793 ⁰	214M	19.05 WIB
2	-7.663805 ⁰	112.688905 ⁰	213M	19.41 WIB
3	-7.664028 ⁰	112.689212 ⁰	212M	20.25 WIB
4	-7.664169 ⁰	112.689139 ⁰	213M	21.12 WIB
5	-7.664006 ⁰	112.689005 ⁰	213M	21.52 WIB

3.9. Data USGS

Untuk pengumpulan data selanjutnya yaitu pengumpulan data gempabumi dari website United States Geological Survey (USGS), yaitu data gempabumi dari tahun 1967 sampai dengan 2016, untuk persebaran data gempabumi ini dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :



Gambar 3.12. Tampilan Persebaran Gempabumi dari Tahun 1966 sampai 2016

Dari tahun 1967-2016 terdapat sekitar 829 gempa yang terjadi di daerah jawa timur yang terekam oleh United States Geological Survey (USGS).

3.10 Pengolahan Data

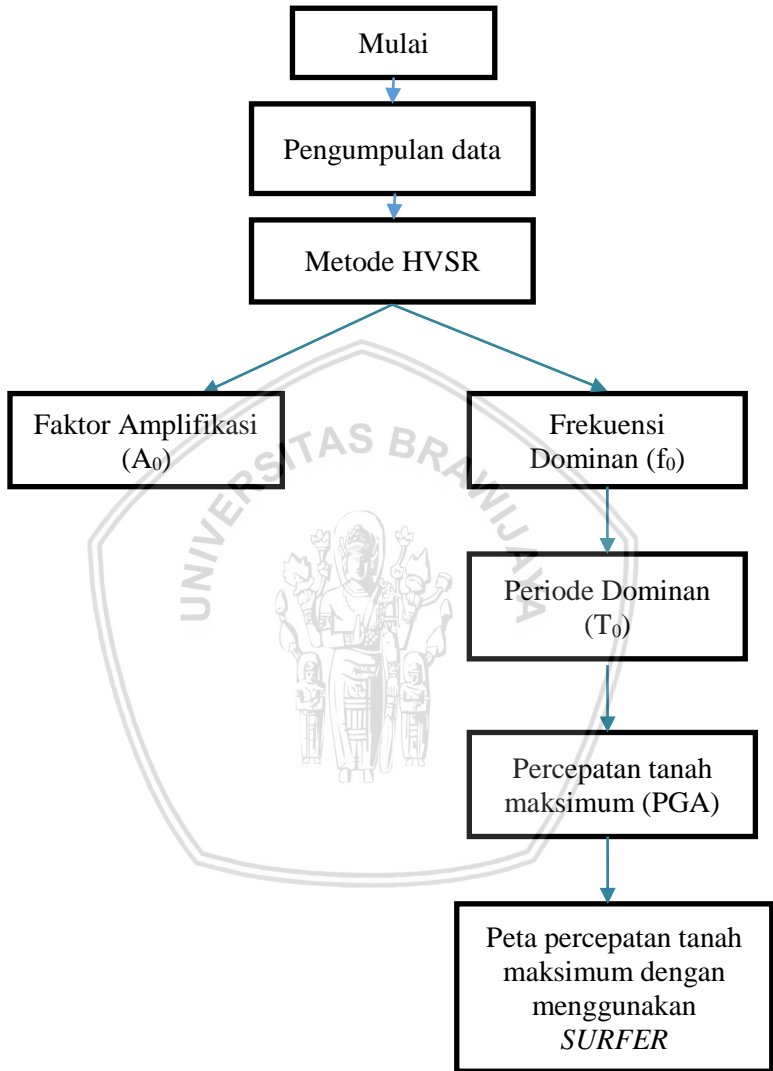
Tabel di bawah ini merupakan hasil dari pengolahan data yang menggunakan rumus di Microsoft Excel dan didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 3.2 Tampilan data hasil pengolahan data

1	Posisi	F0	A0	T0	Lintang bujur	ketinggian	amax	
2	titik 1	4.7	3.6	0.212766	-7.663950	112.668793	214	25.754
3	titik 2	4.8	3.8	0.208333	-7.663805	112.688905	213	26.473
4	titik 3	4.9	3.5	0.204082	-7.664028	112.689212	212	26.752
5	titik 4	4.7	3.7	0.212766	-7.664169	112.689139	213	26.198
6	titik 5	4.8	4.3	0.208222	-7.664006	112.689005	213	26.481

Dari pengambilan data di lapangan, kemudian data diolah menggunakan rumus di Microsoft Excel maka didapatkan nilai tersebut, yang mana mencari nilai Frekuensi Dominan f_0 , Faktor Amplifikasi A_0 dan Periode Dominan T_0 .

3.11. Diagram Alir



Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian (Sunaryo,dkk. 2018)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV PEMBAHASAN

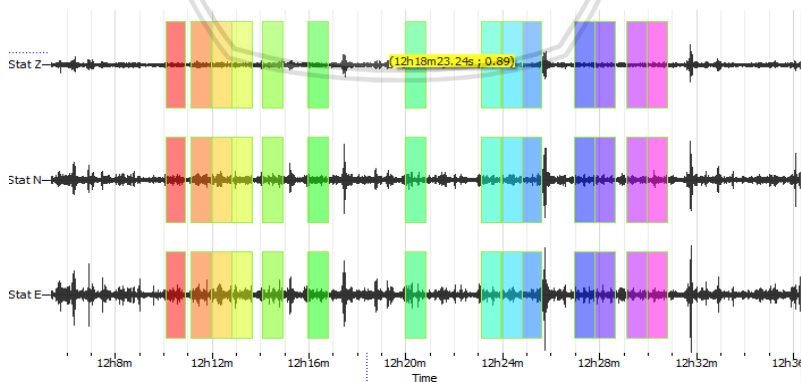
4.1 Hasil dan Pembahasan

4.1.1 Lokasi titik 1

Lokasi pengamatan terletak pada BT 112,6 dan LS - 7,66. Data yang diperoleh yaitu data rekaman seismik dalam format *Mini-Seed*. Data ini kemudian diolah dalam perangkat lunak *geopsy* untuk melakukan analisis *spectrum* dengan metode HVSR. Dengan menggunakan panjang cacahan 30 detik, durasi perekaman sinyal yang didapatkan selama 30 menit maka hasil pengolahan data dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut.

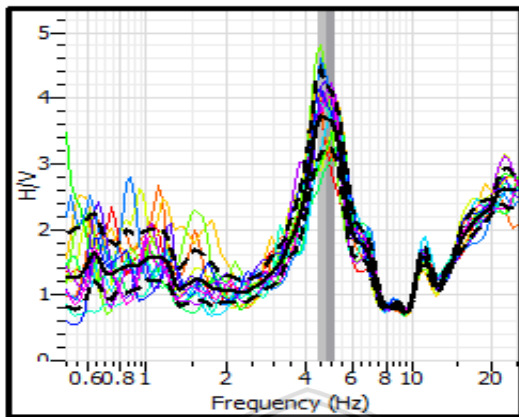
Tabel 4.1. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR.

Parameter	Hasil
Frekuensi Dominan (f_0)	4.7 Hz
Periode Dominan (T_0)	0.2127 s
Faktor Amplifikasi (A_0)	3.6



Gambar 4.1. Tampilan *Waveform*





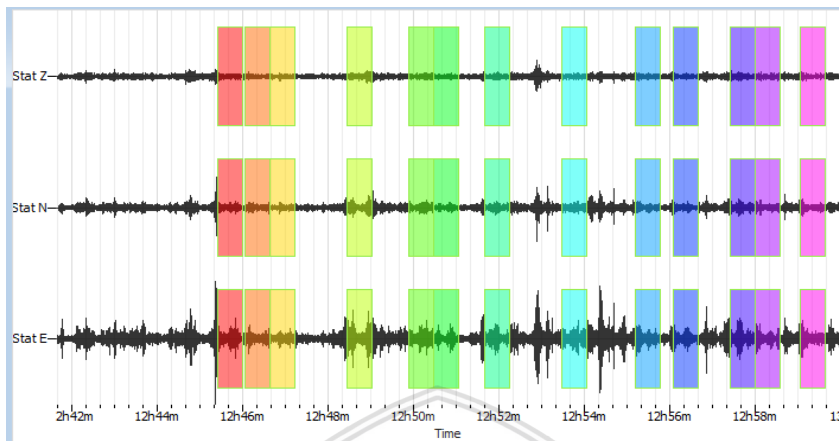
Gambar 4.2. Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi

4.1.2. Lokasi titik 2

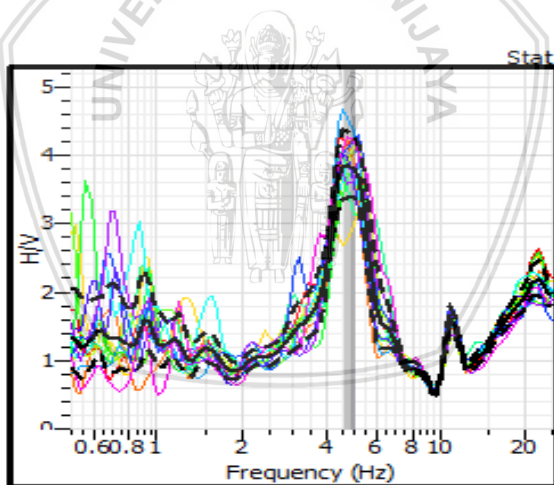
Lokasi pengamatan terletak pada BT 112,6 dan LS - 7,66. Data yang diperoleh yaitu data rekaman seismik dalam format *Mini-Seed*. Data ini kemudian diolah dalam perangkat lunak *geopsy* untuk melakukan analisis *spectrum* dengan metode HVSr. Dengan menggunakan panjang cacahan 30 detik, durasi perekaman sinyal yang didapatkan selama 30 menit maka hasil pengolahan data dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2. Hasil pengolahan data dengan metode HVSr.

Parameter	Hasil
Frekuensi Dominan (f_0)	4.8 Hz
Periode Dominan (T_0)	0.20833 s
Faktor Amplifikasi (A_0)	3.8



Gambar 4.3.Tampilan *Waveform*



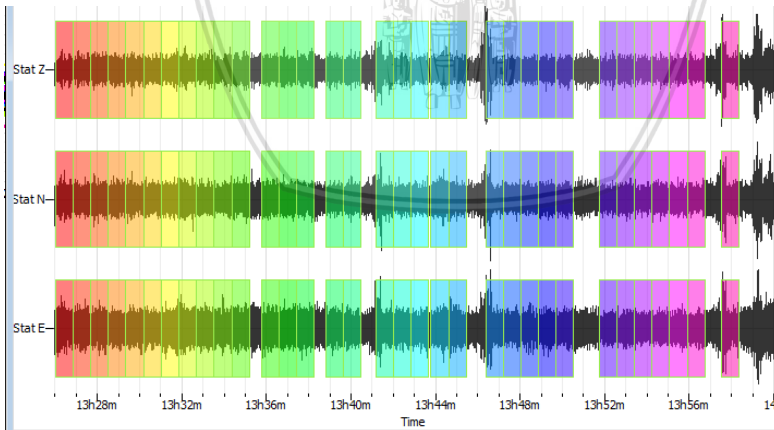
Gambar 4.4.Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi

4.1.3. Lokasi titik 3

Lokasi pengamatan terletak pada BT 112,6 dan LS - 7,66. Data yang diperoleh yaitu data rekaman seismik dalam format *Mini-Seed*. Data ini kemudian diolah dalam perangkat lunak *geopsy* untuk melakukan analisis *spectrum* dengan metode HVSr. Dengan menggunakan panjang cacahan 30 detik, durasi perekaman sinyal yang didapatkan selama 30 menit maka hasil pengolahan data dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

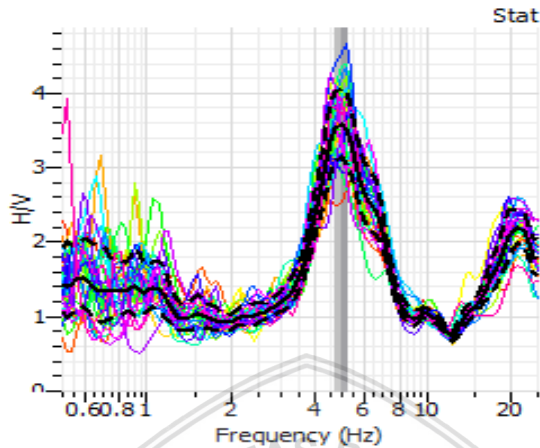
Tabel 4.3. Hasil pengolahan data dengan metode HVSr.

Parameter	Hasil
Frekuensi Dominan (f_0)	4.9 Hz
Periode Dominan (T_0)	0.204081 s
Faktor Amplifikasi (A_0)	3.5



Gambar 4.5. Tampilan *Waveform*





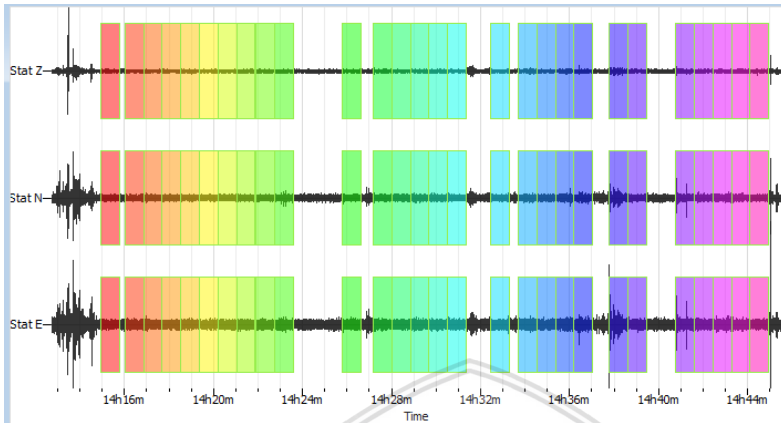
Gambar 4.6. Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi

4.1.4. Lokasi titik 4

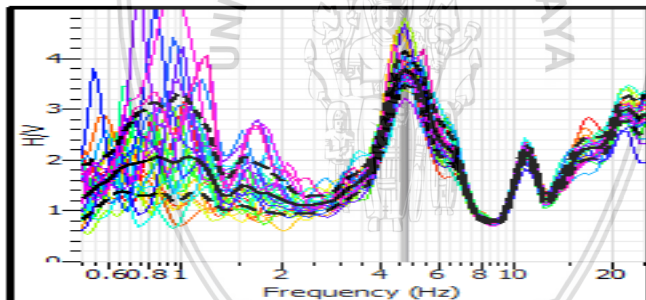
Lokasi pengamatan terletak pada BT 112,6 dan LS - 7,66 Data yang diperoleh yaitu data rekaman seismik dalam format *Mini-Seed*. Data ini kemudian diolah dalam perangkat lunak *geopsy* untuk melakukan analisis *spectrum* dengan metode HVSR. Dengan menggunakan panjang cacahan 30 detik, durasi perekaman sinyal yang didapatkan selama 30 menit maka hasil pengolahan data dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.4. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR.

Parameter	Hasil
Frekuensi Dominan (f_0)	4.7 Hz
Periode Dominan (T_0)	0.21276 s
Faktor Amplifikasi (A_0)	3.7



Gambar 4.7. Tampilan *Waveform*



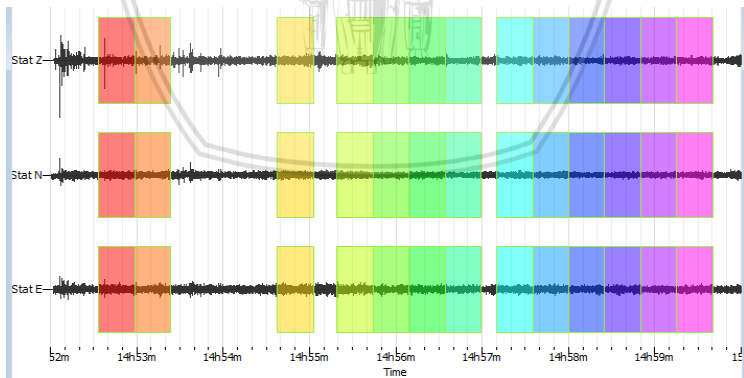
Gambar 4.8. Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi

4.1.5. Lokasi titik 5

Lokasi pengamatan terletak pada BT 112,6 dan LS - 7,66 Data yang diperoleh yaitu data rekaman seismik dalam format *Mini-Seed*. Data ini kemudian diolah dalam perangkat lunak *geopsy* untuk melakukan analisis *spectrum* dengan metode HVSr. Dengan menggunakan panjang cacahan 30 detik, durasi perekaman sinyal yang didapatkan selama 30 menit maka hasil pengolahan data dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

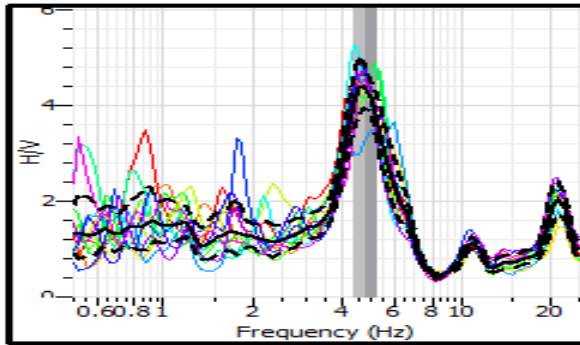
Tabel 4.5. Hasil pengolahan data dengan metode HVSr.

Parameter	Hasil
Frekuensi Dominan (f_0)	4.8 Hz
Periode Dominan (T_0)	0.208333 s
Faktor Amplifikasi (A_0)	4.3



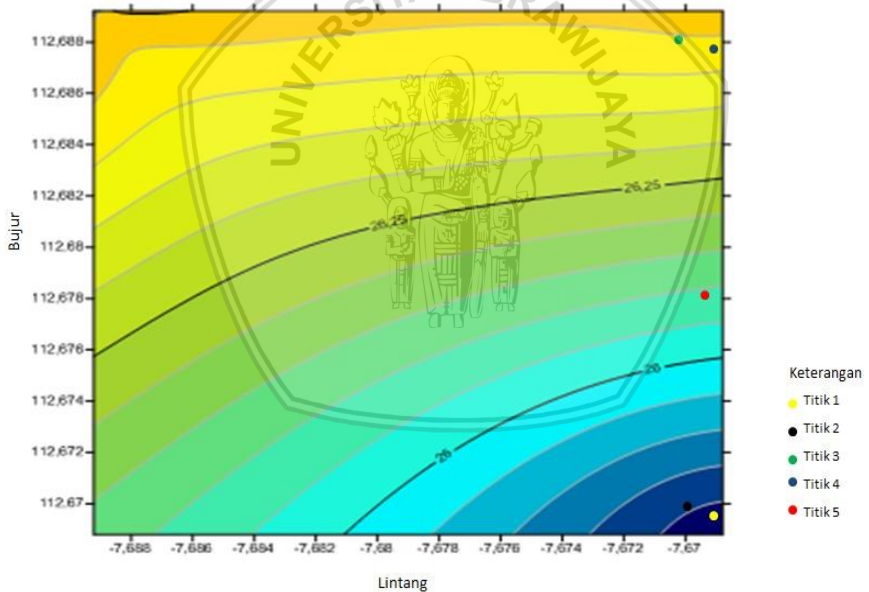
Gambar 4.9. Tampilan *Waveform*





Gambar 4.10. Hasil perhitungan frekuensi dominan dan Amplifikasi.

4.2 Percepatan tanah maksimum (PGA)

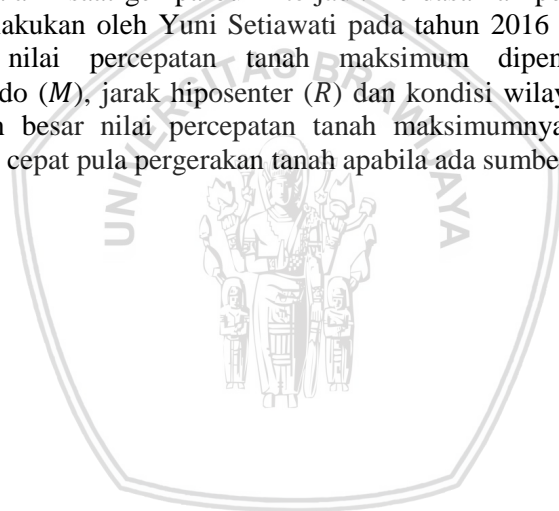


Gambar 4.11 Peta Zonasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum di kantor BMKG

Dari gambar di atas dapat diketahui nilai percepatan tanah maksimum di area kantor BMKG dari yang terendah yaitu $25,7gal$ dan sampai yang tertinggi yaitu sebesar $26,7gal$. Dapat diketahui

semakin gelap warnanya percepatan tanah pada gambar 4.11 maka nilai percepatan tanah maksimumnya semakin tinggi dan sebaliknya, jika warna percepatan tanah nya semakin cerah maka nilai percepatan tanah maksimumnya semakin rendah.

Hubungan yang signifikan antara periode dominan dan percepatan tanah, dimana hubungan keduanya adalah berbanding terbalik. Apabila nilai periode dominan rendah, maka nilai percepatan tanahnya justru tinggi dan begitu pun sebaliknya. Menurut Edwiza(2008), percepatan tanah dinyatakan sebagai suatu parameter yang menjadi faktor penyebab terjadinya kerusakan. Nilai percepatan tanah maksimum yang semakin tinggi pada suatu tempat, maka hal tersebut menandakan bahwa semakin besar pula resiko kerusakan yang dialami saat gempa bumi terjadi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Yuni Setiawati pada tahun 2016 menyebutkan bahwa nilai percepatan tanah maksimum dipengaruhi oleh magnitudo (M), jarak hiposenter (R) dan kondisi wilayah setempat. Semakin besar nilai percepatan tanah maksimumnya maka akan semakin cepat pula pergerakan tanah apabila ada sumber gempa.



4.2.1 Frekuensi Dominan

Tabel 4.6 menunjukkan jenis tanah disetiap titik pengukuran berdasarkan nilai frekuensi dominan menurut Kanai.

Tabel 4.6 Hasil klasifikasi tanah di daerah Tretes berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai.

Titik Pengukuran	Frekuensi Dominan (Hz)	Jenis Kalsifikasi Tanah oleh Kanai	Keterangan
Titik 1	4.7	II	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter.
Titik 2	4.8	II	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter.
Titik 3	4.9	II	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter
Titik 4	4.7	II	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter
Titik 5	4.8	II	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter

Jika di kaitkan dengan hasil klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai pada Tabel 4.6, maka dapat dikatakan bahwa batuan penyusun yang terdapat di wilayah penelitian adalah alluvial dan batuan tersier yang biasanya terdiri dari batuan *hard*

sandy, gravel, dan lain-lain. Ketebalan sedimennya pun bervariasi dari yang sangat tipis, menengah hingga sangat tebal. Menurut Susilanto, dkk.(2016), semakin dalam lapisan sedimennya maka frekuensi dominannya semakin rendah. Sebaliknya, semakin bila semakin dangkal lapisan sedimennya, maka frekuensi dominan semakin tinggi.

4.2.2 Periode Dominan

Untuk mengetahui klasifikasi tanah di daerah penelitian berdasarkan nilai periode dominan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil klasifikasi tanah berdasarkan periode dominan oleh Kanai

Titik Pengukuran	Periode Dominan (sekon)	Klasifikasi Tanah		Karakter
		Kanai	Omete-Nakajima	
Titik 1	0.2127	II	A	Sedang
Titik 2	0.20833	II	A	Sedang
Titik 3	0.20408	II	A	Sedang
Titik 4	0.21276	II	A	Sedang
Titik 5	0.20833	II	A	Sedang



Jika dilihat dari Tabel 4.7 Maka dapat diketahui di area penelitian rentan periode dominan bernilai 0,2s, dapat disimpulkan bahwa daerah tersebut memiliki karakter sendimen yang Sedang. Yang mana penyusun batuanannya sejenis batuan *alluvial*, dengan kedalaman 5m. Terdiri dari *sandy-gravel*, *sandy hard clay*, *loam*.

4.2.3 Faktor Amplifikasi

Berdasarkan data yang didapatkan dari satu area dengan 5 titik nilai tersebut berkisar antara A_0 3 hingga 4. Titik dengan nilai faktor amplifikasi terendah sebesar A_0 3. Titik dengan nilai amplifikasi terbesar yaitu A_0 4, Titik yang memiliki nilai faktor amplifikasi yang tinggi cenderung memiliki potensi yang besar juga terhadap bahaya gempa bumi (Daryono, dkk. 2009),terlebih jika nilai yang tinggi tersebut berasosiasi dengan frekuensi rendah (Nakamura, dkk. 2000). Namun, dalam penelitian ini, hasil dari nilai amplifikasi tidak dijadikan acuan utama untuk menentukan karakterisasi tanah..



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan percepatan gerak tanah maksimum di area kantor BMKG didapatkan nilai *25,7gal dan 26,7gal*.
2. Untuk Periode Dominan mendapatkan rentan nilai di 0,2 Hz, Yang mana penyusun batuananya sejenis batuan *alluvial*, dengan kedalaman 5m. Terdiri dari *sandy-gravel, sandy hard clay, loam*.
3. untuk A_0 Faktor Amplifikasi didapatkan nilai di rentan 3,5-4,3.
4. Kemudian untuk Nilai f_0 (Frekuensi Dominan) didapatkan Nilai 4,7-4,9 *Hzyaitualluvial* dan batuan tersier yang biasanya terdiri dari batuan *hard sandy, gravel*, dan lain-lain.

5.2 Saran

Disarankan jika ingin mendapatkan hasil yang lebih maksimal, diharapkan memasukkan unsur Geologi lokal lainnya dan menggunakan analisi kecepatan gelombang geser VS30.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar. 2009. *Seismologi*. Bandung: ITB.
- Bolt, B. A. 1978. *Earyhquake*. San Fransisco : W.H. Freeman & company.
- Daryono, Sutikno, Sartohadi, J, D., & Brotopuspito, K. . 2009. Efek Tapak Lokal di Graben Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor. *International Conference Earth Science and Technology, Yogyakarta, 6-7 Agustus 2009*.
- Edwiza, D. 2008. Analisis terhadap intensitas dan percepatan tanah maksimum gempa sumbar. *Teknika, 1(29)*, 73–79.
- Elnashai, S. Dan L. Di Sarno. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*. Hongkong : A Jhon Wiley & Sons, Ltd, Publication
- Gosar, A. 2007. Microtremor HVSR study for assessing site effects in the Bovec basin (NW Slovenia) related to 1998 Mw5.6 and 2004 Mw5.2 earthquakes. *Engineering Geology, 91(2-4)*, 178–193. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2007.01.008>
- Kanai, K. 1983. *Engineering Seismology*. Japan: University of Tokyo.
- Lay, T., & Wallace, T. C. 1995. *Modern Global Seismology*. USA: Mahmoud Y. Al-Qaryouti dan Eid A. Al-Tarazi. (2007). *Local Site Effects Estimated from Ambient Vibration Measurements at Aqaba City*. Jordan: Journal of Earthquake Engineering Academic Press.
- Mucciarelli et al. (1996). Increasing Seismic Safety By Combining Engineering Technologies And Seimological Data. Dordrecht: Springer
- Molnar PK Derocher AE Klanjscek T Lewis MA. 2011. *Predicting climate change impacts on polar bear litter size*. *Nat Commun* . 2 : 186.
- Nakamura, Y. 2000a. Characteristics of H / V Spectrum. *Evaluation*, 5–6.
- Nakamura, Y., Sato, T., & Nishinaga, M. 2000. Local Site Effect of Kobe Based on Microtremor, 3–8.
- Nakamura, Y. 1989. A Method for Dynamic Characteristics

Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. *QR Railway Technical Research Institute*, 30(1), 25–33.

- Panou, A. A., Theodulidis, N., Hatzidimitriou, P., Stylianidis, K., & Papazachos, C. B. 2004. Ambient Noise Horizontal to Vertical Spectral Ratio for Assessing Site Effects Estimation and Correlation with Seismic Damage Distribution in Urban Environment: The Case of City of Thessaloniki (Northern Greece). *Soil Dyn. Earthqu. Eng.*, 261–274.
- Priyono, K. D. Priyana. 2006. *Analisis Tingkat Bahaya Longsor Tanah di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara*. Forum Geofisika 20: 175-189. Jakarta : Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Saaduddin, Sismanto, & Marjiyono. 2016. Estimasi Ground Shear Strain Kota Padang Sumatera Barat Berdasarkan Respon Mikrotremor. *Optimalisasi Geosains Dalam Era MEA*, 80–84.
- Singh, S.K., dkk (2003), “*Estimation of Ground Motion for Bhuj (26 January 2001; MW 7.6) and for Future Earthquakes in India*”, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 93, No. 1, pp. 353–370.
- Sunaryo, Harti Umbu Mala & Anom Prasetyo. 2008. Earthquake Microzonation Study On Batubesi Dam Of Nuha, East Luwu, South Sulawesi, Indonesia.
- Surface Layer and The Earthquake Damage -Case Study at Intramuros, Metro Manila-. *Paper No. 905, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada*.
- R,dewi. 2013. *Pemanfaatan Data Seismisitas Untuk Memetakan Tingkat Risiko Bencana di Eks-Karesidenan Banyumas Jawa Tengah*. Purwokerto: Seminar 45 Nasional Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II (Prosiding).
- Susilanto, P., Ngadmanto, D., Hardy, T., & Pakpahan, S. 2016. Penerapan Metode Mikrotremor HVSR untuk Penentuan Respons Dinamika Kegempaan di Kota Padang. *Journal of Environment and Geological Hazards*, (692), 79–88.
- Sutrisno, W. T., Santosa, B. J., & Warnana, D. D. 2013. Profiling

Kecepatan Gelombang Geser (V_s) Menggunakan Inversi Spektrum Horizontal to Spectral Ratio (HVSr). *Jurnal Teknik Pomits*, 1(2), 1–6.

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

USGS. 2002. *Savage Earth Animations*. www.usgs.gov

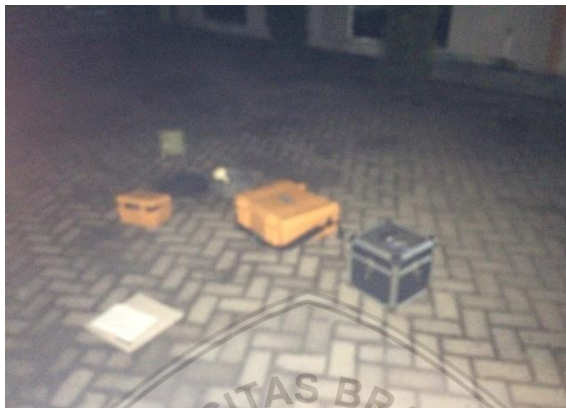




(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan data di lokasi



Gambar 1.1 Gambar Pengambilan data di Lokasi outdoor



Gambar 1.2 Gambar Pengambilan data di Lokasi indoor

Lampiran 2 Karakteristik dan Klasifikasi Tanah

Menurut Ibrahim dan Subardjo(2004), penjarangan gelombang gempa yang sampai pada permukaan sangat erat kaitannya dengan karakteristik tanah. Para ahli di Jepang seperti Kanai dan Omote-Nakajima membuat dua metode untuk mengklasifikasi profil tanah. Usulan pertama diajukan oleh Kanai yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai (Ibrahim dan Subardjo, 2004).

Klasifikasi		Frekuensi (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
IV	I	6,667-20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy, grovel</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
	II	10-4	Batuan <i>alluvial</i> , dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter
III	III	2,5-4	Batuan <i>alluvial</i> , dengan ketebalan > 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori tebal 10-30 meter
II	IV	< 2,5	Batuan <i>alluvial</i> , yang terbentuk dari sedimentasi delta,	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal

I			<i>top soil</i> , lumpur dengan kedalaman 30 meter atau lebih	
---	--	--	---	--

Usulan yang kedua diajukan oleh Kanai dan Omote-Nakajima yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 1.2 Klasifikasi tanah menurut Kanai dan Omote Nakajima(Ibrahim dan Subardjo, 2004).s

No	Klasifikasi Tanah		Periode Dominan (sekon)	Keterangan	Karakter
	Kanai	Omote-Nakajima			
1	Jenis I	Jenis A	0,05 s/d 0,15	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy, grovel</i> , dll	Keras
2	Jenis II		0,15 s/d 0,25	Batuan <i>alluvial</i> , dengan kedalaman 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Sedang
3	Jenis III	Jenis B	0,25 s/d 0,40	Batuan <i>alluvial</i> , hampir sama dengan II, hanya dibedakan oleh adanya <i>bluff</i>	Lunak



4	Jenis IV	Jenis C	> 0,40	Batuan <i>alluvial</i> , yang terbentuk dari sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpur dengan kedalaman 30 meter atau lebih	Sangat lunak
---	----------	---------	--------	---	--------------

