

**IDENTIFIKASI RESIKO BAHAYA SEISMIK
PADA BENDUNGAN SERMO BERDASARKAN
PENGUKURAN MIKROTREMOR**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program studi Fisika



diajukan oleh:
Vika Aprilia Sumarta
09620006

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2014



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1171/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul

: Identifikasi Resiko Bahaya Seismik pada Bendungan Sermo
Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

:

Nama

: Vika Aprilia Sumarta

NIM

: 09620006

Telah dimunaqasyahkan pada

: 21 Maret 2014

Nilai Munaqasyah

: A/B

Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Nugroho Budi Wibowo, M.Si.
NIP.198040223 200801 1 011

Penguji I

Frida Agung Rahmadi, M.Sc
NIP.19780510 200501 1 003

Penguji II

Retno Rahmawati, M.Si
NIP. 19821116 200901 2 006

Yogyakarta, 25 April 2014

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan

Prof. Drs. H. Akhl Minhaji, M.A., Ph.D
NIP. 19580919 198603 1 002

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama	:	VIKA APRILIA SUMARTA
NIM	:	09620006
Judul Skripsi	:	Identifikasi Resiko Bahaya Seismik pada Bendungan Sermo Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Fisika

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I

Nugroho Budi Wibowo, M.Si
NIP. 19840223 200801 1 011

Yogyakarta, 5 Februari 2014
Pembimbing II

Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si
NIP. 19771025-200501-1-004

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Vika Aprilia Sumarta

NIM : 09620006

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **“Identifikasi Resiko Bahaya Seismik Pada Bendungan Sermo Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor”** adalah asli hasil penelitian saya sendiri dan bukan plagiasi hasil karya orang lain.

Yogyakarta, 5 Februari 2013



MOTTO HIDUP

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah ayat 5)

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya,. dan bahwasanya usaha itu kelak akan diperlihat (kepadanya). kemudian akan diberi Balasan kepadanya dengan Balasan yang paling sempurna.”

(Q.S An Najm ayat 39-41)

“Kesuksesan adalah rahmat dari Allah, karenanya sesibuk apapun kegiatanmu, ibadah tetap yang utama sebagai tanda rasa syukurmu”

“You can if you think you can..!! Tak ada yang tidak bisa. Semuanya adalah proses. Cukup lakukan yang terbaik (HM) ”

(Do the best everytime and everywhere)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrahiim, Puji Syukur Alhamdulillah kupersembahkan skripsi ini untuk:

- ➊ Allah SWT, berjuta ucapan syukur atas rahmat, hidayah, serta kekuatan-Nya.
- ➋ Cinta dan dukungan berupa moril maupun materil dari kedua orang tua terkasih (Ibu marsiyah dan Bapak Sunanto). Terima kasih atas segala yang telah dilakukan dan diberikan, atas setiap cinta, semangat, doa dan restu yang selalu mengiringi tiap langkah.
- ➌ Teruntuk kakak-kakak tersayang, saya sampaikan banyak terima kasih atas segala doa, dukungan, kebersamaan, semangat, canda, tawa dan macam-macam bantuan dalam menyelesaikan Skripsi ini. Terima kasih untuk Sita Febri Martasari dan Rahmad Nur Huda
- ➍ Hanif Mustafa, terima kasih atas do'a, kasih, dukungan, semangat, kesabaran, keceriaan dan senyuman yang selalu diberikan. *You are the best i've ever had.*
- ➎ Terima kasih untuk keluarga besar yang senantiasa memotivasi serta selalu mendoakan kelancaran studi hingga Skripsi ini terselesaikan. Terima kasih untuk ibu Siti Fatimah, Mbak Yuni, Mas Erdin, Mas Karno, Ega dan semua keluarga yang tak bisa disebutkan satu per satu.
- ➏ Almamater kebanggaan saya, Program Studi Fisika Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta
- ➐ Bapak Nugroho Budi Wibowo, M. Si dan Bapak Thaqibul Fikri Niyartama, M. Si selaku pembimbing yang telah banyak memberikan dukungan, inspirasi, nasehat, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penulisan Skripsi.
- ➑ Kepada patner penelitian terbaik (Dea), sahabat terbaik AVIRA (Astika, Indah dan Risma), seperjuangan (Bila, Aras, Intan, Abu dan Adi) dan adik Fara yang senantiasa ada untuk memberikan dukungan dan bantuan terkait penyelesaian Skripsi ini. Terima kasih atas semua yang telah dilakukan, terima kasih telah senantiasa menguatkan, mendoakan dan memberikan semangat.
- ➒ Kepada sahabat-sahabat program studi Fisika 2009, Terima kasih atas segala canda, tawa dan tangisan yang telah dibagi. Terimakasih atas rasa kekeluargaan yang begitu besar meski tanpa ikatan darah. Jalinan persahabatan ini semoga Allah jaga hingga ke Surga.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalammu'alaikum Wr.Wb.,

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga sampai saat ini kita masih diberi kenikmatan dan kesehatan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada tauladan kita Nabi Agung Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia menuju jalan kebahagiaan hidup di dunia dan di akhirat.

Alhamdulillah penulis telah berhasil menyelesaikan penelitian Skripsi dengan judul “Identifikasi Resiko Bahaya Seismik Pada Bendungan Sermo Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor”. Keberhasilan dalam penulisan ini tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah membantu penulis. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta kekuatan-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini hingga selesai.
2. Kedua orang tua tercinta, Ibu Marsiyah dan Bapak Sunanto atas kasih sayang, semangat dan doa yang tak pernah terputus kepada penulis.
3. Bapak Nugroho Budi Wibowo, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, masukan, arahan, dan motivasi sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si selaku Dosen Penasehat Akademik serta Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan kepada penulis.

5. Bapak Frida Agung Rochmadi, M.Sc, selaku Ketua Program Studi Fisika dan Penguji Skripsi I terima kasih atas bimbingannya.
6. Ibu Retno Rahmawati M. Si, selaku Penguji Skripsi II terima kasih atas saran, koreksi dan bimbingannya.
7. Semua Dosen dan Laboran Prodi Fisika yang memberikan ilmu pengetahuan.
8. Semua Staf Tata Usaha dan karyawan terima kasih atas bantuannya.
9. Prof. Dr. H. Musa Asy'ari, selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
10. Prof. Dr. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D , selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
11. Keluarga Tercinta Mbak Sita, Mas Huda, Hanif Mustafa, Fara, Bumah, Mbak Yuni, Mas Erdin, Mas Karno, dan Ega terimakasih atas semangat, doa, bantuan dan dukungan yang diberikan.
12. Teman terbaik dan seperjuangan (dea, aras, astika, bila, indah, intan, risma, adi, abu dan teman Fisika 2009) terima kasih atas masukan dan semangatnya.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sampaikan satu persatu, semoga Allah senantiasa memberikan kebaikan dan kemuliaan kepada kita semua.

Penulis sadar dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan sebagai masukan yang berharga. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan. Amin

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb,

Yogyakarta, 27 April 2014

Penulis

IDENTIFIKASI RISIKO BAHAYA SEISMIK PADA BENDUNGAN SERMO BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR

Vika Aprilia Sumarta
09620006

ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran mikrotremor di Bendungan Sermo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta yang bertujuan untuk memetakan sebaran ketebalan sedimen tanah (H) nilai percepatan tanah maksimum (PGA), indeks kerentanan seismik (Kg), dan *ground shear strain* (γ), sehingga dapat menunjukkan tingkat kerawanan suatu bendungan terhadap resiko bahaaya gempabumi. Pengukuran data menggunakan Seismometer tipe TDV-23S sebanyak 11 titik pengukuran. Data tersebut dianalisis dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi di setiap titik pengukuran. Software yang digunakan adalah DataPro, Sesarray-Geopsy, Google Earth dan Surfer 11. Perhitungan nilai PGA dengan menggunakan persamaan empiris Kanai untuk *event* gempabumi tanggal 27 Mei 2006 dengan magnitudo sebesar 5.9 SR dan kedalaman 11.3 Km. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebaran nilai ketebalan sedimen tanah (H) di Bendungan Sermo berkisar antara 7.81 s.d. 213.72 m; sebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA) berkisar antara 38.39 s.d. 200.19 gal; sebaran nilai indeks kerentanan seismik (Kg) berkisar antara 0.19 s.d. 8.36 s^2/cm ; dan sebaran nilai *ground shear strain* berkisar antara 3.87×10^{-5} s.d. 7.33×10^{-4} . Berdasarkan peta mikrozonasi resiko bahaaya seismik di Bendungan Sermo sebaran tingkat resiko bahaaya seismik adalah bagian kaki bendungan, tumpuan bendungan kanan dan kiri memiliki tingkat resiko bahaaya seismik rendah sampai dengan sedang. Bagian tepi bawah bendungan memiliki tingkat resiko bahaaya seismik sedang sampai dengan tinggi. Bagian puncak dan tubuh bendungan memiliki tingkat resiko bahaaya seismik tinggi.

Kata kunci: Bendungan Sermo, Mikrotremor, HVSR, Peta Resiko Bahaaya Seismik.

THE IDENTIFICATION OF SEISMIC HAZARDS AT SERMO DAM BASED ON MIKROTREMOR MEASUREMENT

Vika Aprilia Sumarta
09620006

ABSTRACT

Mikrotremor measurements have been conducted in Sermo Dam, Kokap, Kulon Progo, Yogyakarta which aims to map distribution of soil sediment thickness (H), peak ground acceleration (PGA) value, seismic vulnerability index (Kg), and ground shear strain (γ), so that it can demonstrate the vulnerability of a dam to earthquake hazards. Data measurement is using seismometer type TDV-23s as much as 11 points of measurement. The data are analyzed by Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) method in order to get the value of the dominant frequency and amplification factor at each measurement point. Software used in this research is Datapro, Sesarray-Geopsy, Google Earth, and the Surfer 11. PGA value calculation is done by using empirical equations Kanai for the event of earthquake on May 27, 2006 with a magnitude as 5.9 magnitudes and a depth of 11.3 km. The measurement results show that the distribution of the soil sediment thickness values (H) in the Sermo Dam ranged from 7.81 to 213.72 m; the distribution of the values of the peak ground acceleration (PGA) ranged from 38.39 to 200.19 gal; the distribution of seismic vulnerability index values (Kg) ranged from 0:19 to 8:36 s²/ cm; and the distribution of ground shear strain values ranged from 3.87x10⁻⁵ to 7.33x10⁻⁴. Based on the seismic hazard microzonation maps in the Sermo dam, the distribution of seismic hazard level is in the foot of the dam, the right and left dam foundation have a low to moderate seismic hazard level. The bottom edge of the dam has a moderate to high seismic hazard level. The top and body of the dam have a high level of seismic hazard.

Keywords: Sermo dam, Mikrotremor, HVSR, Seismic Hazard Map.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Rumusan Masalah.....	7
1.4. Tujuan Penelitian	7
1.5. Batasan Penelitian	8
1.6. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Penelitian yang Relevan	9
2.2. Dasar Teori	11
2.2.1. Gempabumi	11
2.2.2. Gelombang Seismik	12
2.2.3. Kondisi Geologi Dataran Sekitar Area Penelitian	25
2.2.4. Bendungan	29

2.2.5. Bendungan Sermo	30
2.2.6. Mikrotremor	32
2.2.7. <i>Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSR)</i>	34
2.2.8. Ketebalan Lapisan Sedimen (H)	36
2.2.9. Percepatan Tanah Maksimum (PGA).....	41
2.2.10. Indeks Kerentanan Seismik (Kg).....	44
2.2.11. <i>Ground Shear Strain</i>	50
2.2.12. Analisis Resiko Bahaya Seismik	52
2.3. Integrasi-Interkoneksi	54
BAB III METODE PENELITIAN	57
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	57
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	58
3.3. Prosedur Penelitian	59
3.3.1. Tahap Persiapan Penelitian	60
3.3.2. Tahap Pengambilan Data	61
3.3.3. Tahap Pengolahan Data	64
3.3.3. Tahap Analisis Data	67
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	72
4.1. Hasil.....	72
4.1.1. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai H	72
4.1.2. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai PGA	73
4.1.3. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai Kg	74
4.1.4. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai GSS	75
4.1.5. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai H, PGA, Kg, dan GSS	76
4.2. Pembahasan	78
4.2.1. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai H	78

4.2.2. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai PGA	83
4.2.3. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai Kg	85
4.2.4. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai GSS	87
4.2.5. Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai H, PGA, Kg, dan GSS	89
4.3. Integrasi-Interkoneksi	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	96
5.1. Kesimpulan	96
5.2. Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN.....	102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis Tanah di Kabupaten Kulon Progo	27
Tabel 2.2. Klasifikasi Jenis Tanah	39
Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Konversi Kanai & Tanaka dengan Omote-Nakajima	40
Tabel 2.4. Klasifikasi tingkat kerusakan dapat dibuat (<i>PGA</i>) yang mungkin terjadi pada MDE	43
Tabel 2.5. Hub. antara γ dengan sifat dinamik tanah	46
Tabel 3.1. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak Penelitian	58
Tabel 4.1. Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai <i>H</i>	72
Tabel 4.2. Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai <i>PGA</i>	73
Tabel 4.3. Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai <i>Kg</i>	74
Tabel 4.4. Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai γ	75
Tabel 4.5. Hasil Identifikasi Resiko Bahaya Seismik	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta indeks resiko gempabumi	3
Gambar 2.1. Komponen-Komponen Tegangan yang Bekerja pada Suatu Kubus yang Sangat Kecil.....	13
Gambar 2.2. Torka yang Bekerja pada Bidang Tegak terhadap Sumbu y	16
Gambar 2.3. Penjalaran Gelombang P	21
Gambar 2.4. Penjalaran Gelombang S	22
Gambar 2.5. Ilustrasi Gelombang <i>Rayleigh</i>	24
Gambar 2.6. Ilustrasi Gelombang <i>Love</i>	25
Gambar 2.7. Peta Administrasi Kabupaten Kulon Progo	26
Gambar 2.8. Bendungan Sermo	31
Gambar 2.9 Tampilan Mikrotremor	33
Gambar 2.10 Regangan Geser (Deformasi) pada Lapisan Permukaan Tanah..	46
Gambar 3.1. Peta Administrasi Kecamatan Kokap.....	57
Gambar 3.2. Alat Mikrotremor	59
Gambar 3.3. Prosedur Penelitian.....	60
Gambar 3.4. Peta Pengambilan Data Mikrotremor	62
Gambar 3.5. Denah Bendungan Sermo.....	62
Gambar 3.6. Data <i>Digitizer</i>	63
Gambar 3.7. Prosedur Pengambilan Data Lapangan	64
Gambar 3.8. Proses <i>windowing</i>	66
Gambar 3.9. Grafik Hubungan antara Average H/V dengan Frekuensi	66
Gambar 3.10. Prosedur Pengolahan Data	67
Gambar 3.11. Prosedur Analisis Data.....	67
Gambar 3.12. Prosedur Pembuatan Peta Mikrozonasi Bahaya Seismik.....	71
Gambar 4.1. Peta Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai H.....	72

Gambar 4.2. Peta Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai PGA ...	74
Gambar 4.3. Peta Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai Kg.....	75
Gambar 4.4. Peta Tingkat Resiko Bahaya Seismik Berdasarkan Nilai GSS....	76
Gambar 4.5. Peta Hasil Identifikasi Resiko Bahaya Seismik	77
Gambar 4.6. a. Penampang Bendungan Sermo, b. Proses Pemadatan Timbunan Tanah Merah	78
Gambar 4.7. Pondasi batuan penguat pada bagian kaki Bendungan	93

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	102
Data Hasil Penelitian	102
LAMPIRAN 2	104
Perhitungan Data Percepatan Tanah Maksimum	104
LAMPIRAN 3	106
Menghitung Ketebalan Sedimen Tanah	106
Menghitung Kecepatan Gelombang di <i>Basement</i>	106
Menghitung Indeks Kerentanan Seismik	106
Menghitung <i>Ground Shear Strain</i>	106
LAMPIRAN 4	107
ANALISIS MIKROTREMOR	107
Mengolah Data Mentah Mikrotremor	107
Menganalisis Data Mikrotremor	108
Mencari Nilai V_s30 Menggunakan Surfer 11	112
Pembuatan <i>Image Map</i> Menggunakan Surfer 11	113
LAMPIRAN 5	117
MIKROZONASI	117
Peta Mikrozonasi Resiko Bahaya Seismik	117
Peta Mikrozonasi Resiko Bahaya Seismik PGA, Kg, GSS dan Gabungan H, PGA, Kg, dan GSS	122
LAMPIRAN 6	123
Analisa Spektrum H/V	123
LAMPIRAN 7	128
Foto-Foto Lokasi dan Pengambilan Data	128

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gempabumi merupakan suatu fenomena alam yang sering terjadi di permukaan bumi. Gempabumi menyebabkan guncangan atau getaran yang besarnya beragam dari yang ringan sampai yang sangat dahsyat, sehingga mampu menelan banyak korban jiwa, harta, meruntuhkan bangunan-bangunan dan fasilitas umum lainnya. Gempabumi dalam islam dijelaskan pada firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-A'raaf ayat 91 yang berbunyi sebagai berikut:

فَأَخَذَهُمُ الْرَّجْفَةُ فَاصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جَثِيمِينَ ﴿٩١﴾

Artinya:

“Kemudian mereka ditimpa gempa, Maka jadilah mereka mayat-mayat yang bergelimpangan di dalam rumah-rumah mereka” (Gofar, 2008).

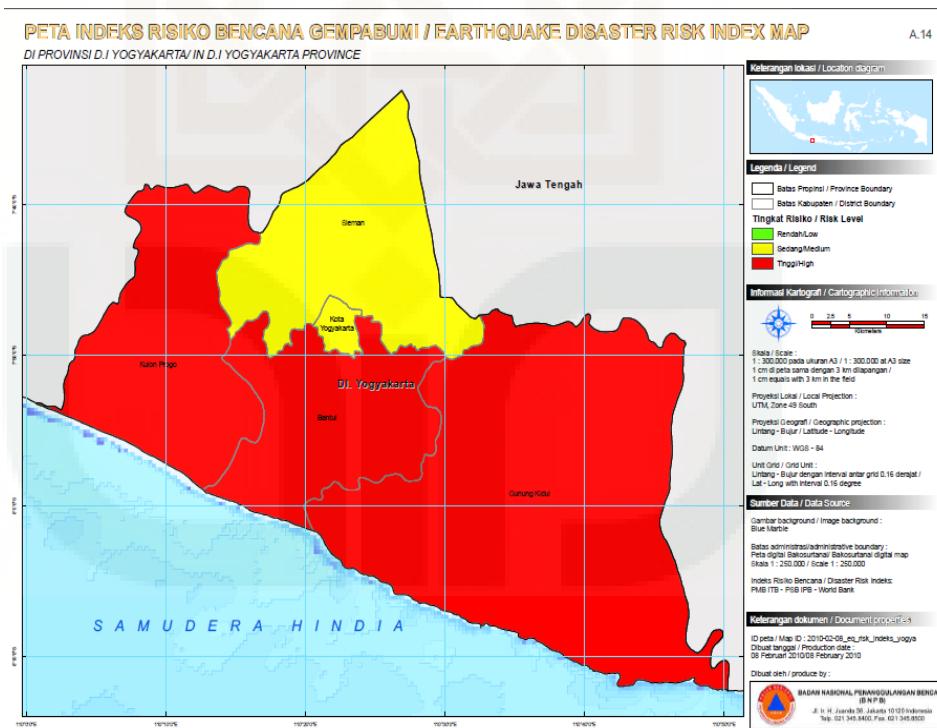
Ayat di atas ditafsirkan untuk menjelaskan penyebab terjadinya gempa, yaitu mengenai kisah mereka yang mendustai Nabi Syuaib AS atas apa yang sudah diperingatkan dan telah disampaikan, tetapi dengan mudahnya diabaikan, sehingga ancaman Allah benar-benar dijatuhkan kepada mereka berupa siksaan. Siksaan itu adalah gempa yang mengguncangkan bumi tempat tinggal mereka sekaligus mengguncangkan hati mereka, sehingga jasmani mereka ditimpa reruntuhan dan mereka pun mengalami *shock* yang menjadikan mereka mayat-mayat yang

bergelimpangan dalam kediaman mereka dan rata dengan tanah. Dari ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT akan memberikan azab atau hukuman bagi manusia yang telah lalai akan risalah yang diberikan melalui rasul-Nya dan telah disampaikan pada kaumnya di waktu itu. Allah SWT senantiasa memperingatkan umatnya dengan memperlihatkan kekuasaan dan keesaan-Nya dengan membuktikan kehadiran-Nya melalui guncangan-guncangan yang terjadi di permukaan bumi (Gofar, 2008).

Kondisi kepulauan Indonesia memiliki intensitas gempabumi yang tinggi. Hal ini disebabkan karena Indonesia terletak pada zona batas dari tiga lempeng tektonik aktif yang bergerak satu sama lainnya, yaitu lempeng Eurasia yang bergerak ke selatan, lempeng Indo-Australia bergerak ke utara dan lempeng Pasifik bergerak ke barat. Ketiga lempeng tersebut saling bertumbukan membentuk zona subduksi. Interaksi ketiga lempeng tersebut menyebabkan Indonesia memiliki jalur sesar yang aktif.

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu propinsi di bagian selatan Pulau Jawa yang sering digoncang gempabumi. Kejadian gempabumi yang pernah mengguncang Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006 sama sekali tidak pernah diprediksi sebelumnya. Gempabumi tersebut memiliki daya rusak yang tinggi karena kekuatan gempa yang cukup besar yaitu 5.9 SR yang mengakibatkan banyak korban terluka dan meninggal dunia, serta banyak daerah yang bangunan rumahnya mengalami rusak berat dan hancur.

Fakta-fakta tersebut menunjukkan bahwa potensi terjadinya gempabumi di daerah-daerah sekitar Yogyakarta pada masa yang akan datang masih sangat tinggi. Walaupun daerah-daerah tersebut rawan terhadap bencana gempabumi, informasi mengenai resiko bahaya seismik di berbagai daerah tersebut masih terbatas, banyak daerah atau bangunan yang belum diidentifikasi resiko bahaya seismik salah satunya adalah pada bangunan bendungan di Yogyakarta. Gambar 1.1 menunjukkan peta resiko bahaya seismik yang ada masih dalam skala provinsi. Data resiko bahaya seismik ini sangat penting sebagai sarana informasi untuk memperkirakan dan meminimalisir dampak yang disebabkan oleh gempabumi.



Gambar 1.1. Peta Indeks Resiko Gempabumi (BNPB, 2010)

Bendungan adalah bangunan yang digunakan untuk menahan laju aliran air sungai yang dimanfaatkan untuk keperluan hidup manusia (Sosrodarsono, 2002). Bendungan merupakan bangunan yang cukup

kompleks dan sangat beresiko jika terjadi keruntuhan yang disebabkan oleh gempabumi. Keruntuhan pada bendungan dapat menimbulkan bencana besar seperti banjir sehingga menyebabkan jatuhnya korban jiwa dan kerugian harta benda bagi penduduk yang tinggal di sebelah hilir bendungan. Hal tersebut juga tercantum dalam surat Saba' ayat 16, yang berbunyi sebagai berikut:

فَأَعْرَضُوا فَأَرْسَلَنَا عَلَيْهِمْ سَيْلَ الْعَرِمِ وَدَلَّنَاهُمْ بِجَنَّتَيْهِمْ حَتَّىٰ دَوَّاَتِ الْأَكْلِيلِ
وَأَثْلَلِ الْوَشَّىٰ مِنْ سِدْرٍ قَلِيلٍ

Artinya:

“Tetapi mereka berpaling, maka Kami datangkan kepada mereka banjir yang besar dan Kami ganti kedua kebun mereka dengan dua kebun yang ditumbuhi (pohon-pohon) yang berbuah pahit, pohon Atsl dan sedikit dari pohon Sidr” (Maraghi, 1971).

Kata sidr mempunyai arti pohon nabaq sejenis pohon bidara dan banjir besar pada ayat tersebut disebabkan oleh runtuhnya bendungan Ma'rib. Di dalam ayat ini Allah menyebutkan mereka yang menolak seruan Allah, termasuk dalam orang-orang yang kufur terhadap nikmat-nikmat Allah dan berpaling dari-Nya, bahkan mereka juga menghalangi orang-orang yang insaf beriman kepada Allah, maka Allah menimpakan siksaan kepada mereka dengan membobolkan bendungan Ma'rib dan terjadilah malapetaka yang hebat. Negeri mereka dilanda banjir yang deras, menghanyutkan semua yang menghalangi arusnya sehingga musnahlah semua kebun-kebun yang berada di kiri kanan negeri itu dan hanyutlah

semua binatang ternak. Korban manusia pun tidak terhitung banyaknya sehingga hanya sedikit orang saja yang masih tetap hidup. Hanya beberapa kelompok kecil dari mereka yang selamat dari malapetaka yang dahsyat itu. Tanah-tanah yang dahulu subur telah menjadi tandus, karena semua air yang tersimpan di dalam bendungan telah tertumpah ke padang pasir yang dapat menelan air berapapun banyaknya. Yang tumbuh di bekas kebun-kebun mereka hanya tumbuhan yang tidak banyak gunanya, pahit buahnya pohon. Dari penjelasan ayat di atas manusia di perintahkan untuk senantiasa selalu ingat dan bersyukur pada nikmat-nikmat Allah SWT dengan selalu menjaganya (Maraghi, 1971).

Bendungan Sermo yang dibangun pada tahun 1994 terletak di Kecamatan Hargowilis, Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta. Bendungan Sermo merupakan satu-satunya bendungan yang berada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan dibangun untuk membendung Kali Ngrancah dengan bentuk waduk yang berkelok-kelok (BPS, 2011).

Bendungan Sermo memiliki tiga buah *accelerograph* yang berada pada puncak bendungan, kaki bendungan dan tumpuan bendungan sebelah kanan. *Accelerograph* ini digunakan untuk merekam percepatan getaran tanah akibat gempabumi, sehingga dapat dilakukan pemantauan perilaku bendungan terhadap aktivitas gempabumi secara kontinu di Bendungan Sermo.

Pada saat gempabumi 27 Mei 2006 terjadi *accelerograph* mencatat data percepatan getaran tanah yang mengenai Bendungan Sermo tersebut,

tetapi karena kekuatan gempa yang cukup tinggi menyebabkan *accelerograph* mengalami *off skill* (kehilangan kemampuan merekam data), sehingga tidak bisa menghasilkan informasi data percepatan getaran tanah akibat gempabumi tersebut. Informasi mengenai resiko bahaya seismik pada Bendungan Sermo dibatasi pada informasi percepatan getaran tanah dari *accelerograph*.

Oleh karena itu, dari penelitian ini diharapkan mendapatkan analisis data mikrotremor dan data gempabumi 27 Mei 2006 yang menghasilkan variabel nilai ketebalan lapisan sedimen tanah (H), indeks kerentanan seismik (Kg), percepatan getaran tanah maksimum (PGA), dan *ground shear strain*, sehingga dapat digunakan untuk membuat peta mikrozonasi resiko bahaya seismik pada Bendungan Sermo. Dari peta tersebut dapat diketahui zona sangat rawan hingga zona relatif aman terhadap bahaya gempabumi.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Peta mikrozonasi resiko bahaya seismik masih dalam skala provinsi.
2. Informasi mengenai dampak resiko dari bahaya seismik di Bendungan Sermo masih terbatas pada pengukuran *accelerograph*.
3. Informasi mengenai pengaruh gempabumi 27 Mei 2006 di Bendungan Sermo tidak ada.

4. Informasi mengenai nilai ketebalan lapisan sedimen tanah, indeks kerentanan seismik, dan *ground shear strain* di Bendungan Sermo belum ada, hanya terbatas pada nilai percepatan getaran tanah.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa ketebalan lapisan sedimen tanah di Bendungan Sermo?
2. Berapa percepatan getaran tanah maksimum di Bendungan Sermo?
3. Berapa indeks kerentanan seismik di Bendungan Sermo?
4. Berapa *ground shear strain* di Bendungan Sermo?
5. Bagaimana peta mikrozonasi resiko bahaya seismik di Bendungan Sermo?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan ketebalan lapisan sedimen tanah di Bendungan Sermo.
2. Menentukan percepatan getaran tanah maksimum di Bendungan Sermo.
3. Menentukan indeks kerentanan seismik di Bendungan Sermo.
4. Menentukan *ground shear strain* di Bendungan Sermo.
5. Membuat peta mikrozonasi resiko bahaya seismik di Bendungan Sermo.

1.5. Batasan Penelitian

Ruang lingkup masalah yang diamati pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data pengukuran mikrotremor dengan koordinat geografis 7.82445° LS s.d. 7.8261383° LS dan 110.123005° BT s.d. 110.1256833° BT.
2. Pengambilan dan pengolahan data mikrotremor mengacu pada aturan yang ditetapkan oleh SESAME *European Research Project*.
3. Mengolah data mikrotremor menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSР) dan analisis percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dengan metode Kanai, kejadian gempabumi yang digunakan yakni gempabumi 27 Mei 2006, dengan posisi episenter pada 110.32° BT dan 8.03° LS dengan $M=5.9$ SR dan $H=11.3$ Km.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang resiko bahaya seismik di Bendungan Sermo.
2. Dengan mengetahui resiko bahaya seismik di Bendungan Sermo maka dapat digunakan sebagai bahan acuan bagi Pemerintah Daerah maupun instansi terkait dalam merancang upaya-upaya mitigasi bencana di Bendungan Sermo.
3. Menambah ilmu pengetahuan dalam bidang kegempaan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai ketebalan sedimen tanah di Bendungan Sermo adalah berkisar antara 7.81 m s.d. 213.72 m.
2. Sebaran nilai percepatan tanah maksimum di Bendungan Sermo adalah berkisar antara 38.39 gal s.d. 200,19 gal.
3. Sebaran nilai indeks kerentanan seismik di Bendungan Sermo adalah berkisar antara 0.19 s²/cm s.d. 8.36 s²/cm.
4. Sebaran nilai *ground shear strain* di Bendungan Sermo adalah berkisar antara 3.87×10^{-5} s.d. 7.33×10^{-4}
5. Berdasarkan peta mikrozonasi resiko bahaya seismik di Bendungan Sermo sebaran tingkat resiko bahaya seismik adalah:
 - a. Bagian kaki bendungan, tumpuan bendungan kanan dan kiri memiliki tingkat resiko bahaya seismik rendah sampai dengan sedang.
 - b. Bagian tepi bawah bendungan memiliki tingkat resiko bahaya seismik sedang sampai dengan tinggi.
 - c. Bagian puncak dan tubuh bendungan memiliki tingkat resiko bahaya seismik tinggi.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis mengajukan saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperkuat hasil penelitian ini dapat dilakukan dengan metode lain untuk menganalisis data mikrotremor misalnya metode *Floor Spectral Ratio* (FSR) dan alat geofisika lainnya misalnya PPM (*Proton Precision Magnetometer*).
2. Cara untuk meningkatkan kekuatan tahanan bendungan sebagai upaya mitigasi bencana akibat gempabumi pada bagian tubuh dan puncak bendungan yang memiliki tingkat resiko bahaya seismik tinggi adalah dengan pemberian pengamanan berupa batuan penguat seperti pada bagian kaki bendungan dinaikkan sampai ke tubuh atau ke puncak bendungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar. 2009. *Seismologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Algaly, T. 2013. *Perhitungan Tingkat Kerusakan Gempabumi dengan metode HVSR berdasarkan nilai amplifikasi dan indeks kerentanan seismic di Jiw Timur, Bayat, Klaten, Jawa Tengah*. Skripsi S-1 Program Studi Geofisika, FMIPA. Yogyakarta:UGM.
- Al-Maraghi, Ahmad Mustafa. 1971. *Tafsir al-maraghi*. Mesir, Musthafa al-Baby al-Halaby.
- Al-Maraghi, Ahmad Mustafa. 1993. *Tafsir al-maraghi juz 30*. Semarang:CV Toha Putra.
- Almendros, Javier., Luzon, Fransisco., Posadas, Antonio. 2004. *Microtremor Analyses at Teide Volcano (Canary Islands, Spain): Assessment of Natural Frequencies of Vibration Using Time-dependent Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio*. Pure Applied Geophysics Volume 161.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2010. *Peta Indeks Resiko Bencana Gempabumi di Provinsi D. I. Yogyakarta*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2011. *Kabupaten Kulonprogo.2011.Kabupaten Kulonprogo dalam Angka 2011*. Yogyakarta.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak (BBWS). 2013. *Pusat penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air*. Yogyakarta.
- Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi (Bakornas PBP). 2002. *Arahan Kebijakan Mitigasi Bencana Perkotaan*. Jakarta.
- Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi (Bakornas PBP). 2006. *Laporan Perkembangan Penanganan Bencana Gempabumi di Yogyakarta dan Jawa Tengah*. Jakarta.
- Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana. 2006. *Rencana Aksi Nasional Pengurangan Resiko Bencana*. Jakarta:Perum percetakan RI.
- Braile, L. 2012. *Making Waves: Seismic Waves Activities and Demonstrations*. U.S: Purdue University.
- Brotopuspito K., Prasetya T, Widigdo FM. 2006. *Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006*, *Jurnal Geofisika*. Yogyakarta:Universitas Gadjah Mada.

- Daryono, Sutikno. 2011. *Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Mikrotremor pada Setiap Satuan Bentuklahan di Zona Graben Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*, (Disertasi, Program Pascasarjana Fakultas Geografi). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Dewi, Ella Rosita. 2013. *Analisis Ground Shear Strain Di Wilayah Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. Skripsi S-1, Program Studi Fisika, FST, UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Dirgantara, F. 2008. *Pemetaan Amplifikasi Mikrozonasi kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan metode HVSR*. Skripsi S-1 Program Studi Geofisika, FMIPA. Yogyakarta:UGM.
- Djamhari, K. 2011. *Pembangunan Waduk Sermo*. Yogyakarta.
- Edwiza, Daz dan Novita, Sri. 2008. *Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metoda Kannai, Repository*. Sumatra Barat:Lab. Geofisika Unand.
- Gofar, Mohamad. 2008. *Gempa Bumi dalam Perspektif Al-Quran*. Skripsi S-1, Jurusan Tafsir Hadits, Fakultas Ushuluddin, UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Handayani, L., Mulyadi, D., Dadan, D., Wardhana, dan Wawan H. Nur, 2009, *Percepatan Pergerakan Tanah Maksimum Daerah Cekungan Bandung:Studi Kasus Gempa Besar Lembang*. JSDG Vol 19.
- Harlianto, Budi. 2013. *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Indeks Kerentanan Seismik Tanah, Ground Shear Strain, dan Ketebalan Lapisan Sedimen untuk Mitigasi Bencana Gempabumi di Kabupaten Bengkulu Utara*. Tesis S-2 Program Ilmu Fisika, FMIPA, Yogyakarta:UGM.
- Isihara, K., 1982, *Evaluatian of Soil Properties for Use in Earthquake Response Analysis*. Proc. Int. Symp. On Numerical Model in Geomech, 237-259.
- Kanai K. and Tanaka T., 1961, *On Microtremors. VIII*, Bull. Earth . Res. Inst., University of Tokyo, Japan.
- Kusumaningsih, H. W. 2004. *Studi Respon Permukaan Lokal di Sambisari, Kalasan Sleman, dengan Menggunakan Teknik Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) dari Gelombang Seismik*. Skripsi S-1 Program Studi Geofisika, FMIPA, Yogyakarta:UGM.

- Laberta, Septian. 2013. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Analisis Mikrotremor di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi S-1 Program Studi Fisika, FMIPA, Yogyakarta:UNY.
- Martasari, Sita Febri. *Analisis Struktur Lapisan Tanah Berdasarkan Ketebalan Sedimen Menggunakan Mikrotremor dengan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio*. Skripsi S-1, Program Studi Fisika, FST, UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Mirzaoglu, Mete. and Dýkmen, Ünal. 2003. *Application of microtremors to seismic microzoning procedure*. Balkan: Jornal of the Balkan Geophysical, Vol. 6, No. 3, p. 143 – 156, 13 figs., 1 tab.
- Motamed, R., Ghalandarzadeh, A., Tawhata, I. and Tabatabei, S.H. 2007. *Seismic Microzonation and Damage Assessment of Bam City*. Southern Iran: Journal of Earthquake Engineering. 11:1, 110-132.
- Nakamura, Y. 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*. Japan: Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.
- Nakamura, Y., 1996. *Real Time Information Systems for Seismic Hazards Mitigation UrEDAS, HERAS and PIC*, Quarterly Report of RTRI, Vol. 37, No. 3, 112-127.
- Nakamura, Y. 1997. *Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures using Microtremor*. World Congress on Railway Research. Florence.
- Nakamura, Y. 2000. *Real Time Information Systems for Seismic Hazards Mitigation UrEDAS, HERAS and PIC*. Japan: Quarterly Report of RTRI, Vol. 37, No. 3, 112-127.
- Nakamura, Y. 2008. *On the H/V Spectrum*. Beijing: The 14th World Conference on Earthquake Engineering.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan. 2004. Analisis stabilitas bendungan tipe urugan akibat beban gempa (pd. T-14-2004-A). Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Pradana, Haska. 2012. *Analisis Struktur Bendungan Krenceng Terhadap Gempa*. Skripsi S-1 Departemen teknik Sipil dan Lingkungan. Bogor:IPB.

- Sears dan Zamansky. 2003. *Fisika Universitas Jilid 1*, Hugh D. Young & Rge A. Fredman. Penerbit Erlanga:Jakarta.
- Seemann, M. R., Onur, T., and Cassidy, J. F. 2008. *Probabilities Of Significant Earthquake Shaking In Communities Across Canada*. Beijing: The 14th World Conference on Earthquake Engineering.
- SESAME European research project. 2004. *Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation*.
- Shihab, M Quraish. 2007. *Lentera Hati, Kisah dan Hikmah Kehidupan*. Bandung: Mizan.
- Sosrodarsono, S, Dr. 2002. *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta:Pradnya Paramita.
- Subardjo , Gunawan Ibrahim. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: BMKG.
- Sugiyono. 2005. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: CV.Alfabeta.
- Sunardi, Bambang. 2012. *Kajian Kerawanan Gempabumi Berbasis Sig Dalam Upaya Mitigasi Bencana Studi Kasus Kabupaten Dan Kota Sukabumi*. Yogyakarta: Puslitbang Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Suntoko Hadi, Sunarko. 2011. *Survei Mikrotremor di Pulau Belitung untuk Kajian Tapak PLTN*. Jakarta Selatan: Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV BATAN.
- Telford, W.P., Geldart, L.P., & Sheriff, R.E. 1992. *Applied Geophysics, Second Edition*. New York : Cambridge University Press.
- Van Bemmelen, R. W.. 1949. *The Geology of Indonesia, Vol 1A, General Geology of Indonesia and Adjustment Archipelagoes*, Government Printing Office. The Haques:Amsterdam.
- Wang, Zhenming. 2008. *A technical note on seismic microzonation in the central United States*. Kentucky: Kentucky Geological Survey, University of Kentucky, pp. 1–8.
- USGS. 2013. *Global Vs30 Map Server*. diunduh pada tanggal 10 Oktober 2013. Pukul 10.15 WIB, dari <http://earthquake.usgs.gov/hazards/apps/vs30/custom.php>.

LAMPIRAN 1

DATA HASIL PENELITIAN

Nilai Frekuensi Dominan Tanah (Hz), Elevasi (m), Faktor Amplifikasi tanah, Periode Dominan Tanah (s), Kecepatan Gelombang Permukaan(m/s), Kecepatan Gelombang di *Basement* (m/s), dan Ketebalan Sedimen Tanah (m) dari hasil penelitian adalah:

Titik Lokasi Pengambilan Data	X (Longitude)	Y (Latitude)	Elevasi (m)	Frekuensi Dominan Tanah (Hz)	Average H/V (Amplitudo tanah)	Periode Dominan Tanah atau T_g (s)	Kec. Gel. S atau $V_s 30$ (m/s)	Ketebalan Sedimen Tanah atau H (m)	Kec. Gel. Basement atau V_b (m/s)
TA1	110.1230	-7.8256	152	1.1404	1.6209	0.8769	455.5896	99.8741	738.4560
TA2	110.1237	-7.8249	138	0.6359	1.8155	1.5725	446.9081	175.6894	811.3394
TA3	110.1239	-7.8249	134	0.5737	1.3622	1.7432	451.0517	196.5689	614.4271
TA4	110.1234	-7.8256	141	14.7337	1.2938	0.0679	460.29486	7.8102	595.5065
TA5	110.1242	-7.8248	134	0.5737	1.7276	1.7432	452.8407	197.3486	782.3141
TA6	110.1244	-7.8245	135	1.2642	2.4380	0.7910	450.9283	89.1712	1099.3721
TA7	110.1248	-7.8255	112	2.9018	1.1107	0.3446	467.0169	40.2351	518.7157
TA8	110.1241	-7.8256	126	2.1509	1.0059	0.4649	462.6931	53.7775	465.4461
TA9	110.1246	-7.8261	121	0.5543	2.1641	1.8041	473.8525	213.7232	1025.4548
TA10	110.1257	-7.8252	96	11.9912	1.2649	0.0834	472.9905	9.8612	598.2762
TB5	110.1243	-7.8255	117	5.3903	1.2126	0.1855	462.6315	21.4569	560.9963

Data hasil perhitungan menggunakan data *event* gempabumi tanggal 27 Mei 2006, posisi episenter terletak pada 110.32° BT dan -8.03° LS dengan M= 5.9 SR dan H=11.3 Km menghasilkan nilai jarak episenter (Km), jarak hiposenter (Km), indeks kerentanan seismik (s²/cm), PGA (gal), dan *Ground shear strain* (γ) dari hasil penelitian adalah:

Titik Lokasi Pengambilan Data	Data Gempabumi pada 27 Mei 2006				Jarak Episenter (Km)	Jarak Hilosenter (Km)	Kg (s ² /cm)	PGA (gal)	<i>Ground shear</i> γ					
	Koordinat (°)		H (Km)	M (SR)										
	Lintang	Bujur												
TA1	-8.03	110.32	11.3	5.9	31.3955	33.3672	3.1642	55.6940	1.7622E-04					
TA2	-8.03	110.32	11.3	5.9	32.1900	34.1158	6.4788	40.4271	2.6192E-04					
TA3	-8.03	110.32	11.3	5.9	32.1900	34.1158	5.3396	38.3970	2.0502E-04					
TA4	-8.03	110.32	11.3	5.9	31.3955	33.3672	0.1935	200.1992	3.8735E-05					
TA5	-8.03	110.32	11.3	5.9	32.1900	34.1158	6.7449	38.3970	2.5899E-04					
TA6	-8.03	110.32	11.3	5.9	32.1900	34.1158	4.3376	57	2.4724E-04					
TA7	-8.03	110.32	11.3	5.9	31.3955	33.3672	0.8313	88.8448	7.3853E-05					
TA8	-8.03	110.32	11.3	5.9	31.3955	33.3672	1.0252	76.4915	7.3853E-05					
TA9	-8.03	110.32	11.3	5.9	31.3955	33.3672	8.3568	87.6649	7.3259E-04					
TA10	-8.03	110.32	11.3	5.9	30.6207	32.6392	0.2262	185.5978	4.1981E-05					
TB5	-8.03	110.32	11.3	5.9	31.3955	33.3672	0.4932	121.0863	5.9719E-05					

LAMPIRAN 2

Contoh perhitungan data percepatan tanah maksimum (PGA) pada TA1 dengan *event* gempabumi yang digunakan yaitu gempabumi 27 Mei 2006 di Yogyakarta, dengan posisi episenter terletak pada 110.32° BT dan 8.03° LS dengan $M= 5.9$ SR dan $H=11.3$ Km menggunakan metode Kannai adalah sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian TA1

$$\text{Bujur (x1)} = 110.12$$

$$\text{Lintang (y1)} = -7.83$$

Lokasi Episenter

$$\text{Bujur (x2)} = 110.32$$

$$\text{Lintang (y2)} = -8.03$$

- Menghitung Jarak Episenter

$$\begin{aligned}\Delta &= 111 \times \left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \right]^{0.5} \\ &= 111 \times \left[(110.32 - 110.12)^2 + (-8.03 - -7.83)^2 \right]^{0.5} \\ &= 111 \times [0.04 + 0.04]^{0.5} \\ &= 111 \times 0.2828 \\ &= 31.3955 \text{ Km}\end{aligned}$$

- Menghitung Jarak Hiposenter

$$\begin{aligned}R^2 &= \Delta^2 + h^2 \\ &= 31.3955^2 + 11.3^2 \\ &= 985.68 + 127.69 \\ &= 1113.37\end{aligned}$$

$$R = 33.3672 \text{ Km}$$

- Menghitung Periode Dominan Tanah (T_0)

$$\begin{aligned}
 T_0 &= \frac{1}{f_0} \\
 &= \frac{1}{1.14041} \\
 &= \mathbf{0.8769 \ s}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

$$\begin{aligned}
 a_g &= \frac{5}{T_0} 10^{0.61M - 1.66 + \frac{3.6}{R} \log R + 0.167 - \frac{1.83}{R}} \\
 &= \frac{5}{0.8769} 10^{0.61 \times 5.9 - 1.66 + \frac{3.6}{33.3672} \log 33.3672 + 0.167 - \frac{1.83}{33.3672}} \\
 &= \frac{5}{0.9364} 10^{3.599 - 1.7678 \times 1.5233 + 0.167 - 0.0548} \\
 &= 5.3396 \times 10^{1.0183} \\
 &= \mathbf{55.6940 \ gal}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3

Contoh Perhitungan pada Titik TA1 dengan koordinat lokasi pengambilan data 110.12° BT dan 7.83° LS adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Ketebalan Sedimen Tanah (H)

$$\begin{aligned} H &= \frac{V_s}{4f_0} \\ &= \frac{455.589571}{4 \times 1.140410} \\ &= \frac{455.589571}{4.56164} \\ &= 99.874074 = 99.8741 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Menghitung Kecepatan Gelombang di *Basement* (V_b)

$$\begin{aligned} V_b &= f_0 \times 4A_g \times H \\ &= 1.140410 \times 4 \times 1.62088 \times 99.874074 \\ &= 738.4560 \text{ m/s} \end{aligned}$$

3. Menghitung Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

$$\begin{aligned} K_g &= \frac{\frac{A_g^2}{f_0}}{\pi^2 \times V_b \times 100} \times 10^6 \\ &= \frac{(1.62088)^2}{\frac{1.140410}{(3.14)^2 \times 738.456024 \times 10^2} \times 10^6} \\ &= \frac{2.62725}{\frac{1.140410}{7280.881 \times 10^2} \times 10^6} \\ &= \frac{2.30378}{728088.1014} \times 10^6 \\ &= 3.164148 \times 10^{-6} \times 10^6 \\ &= 3.1642 \text{ s}^2 / \text{cm} \end{aligned}$$

4. Menghitung *Ground Shear Strain*

$$\begin{aligned} \gamma &= K_g \times 10^{-6} \times \alpha_g \\ &= 3.164148 \times 10^{-6} \times 55.6940 \\ &= 0.000176224 = 1.7622E - 04 \end{aligned}$$

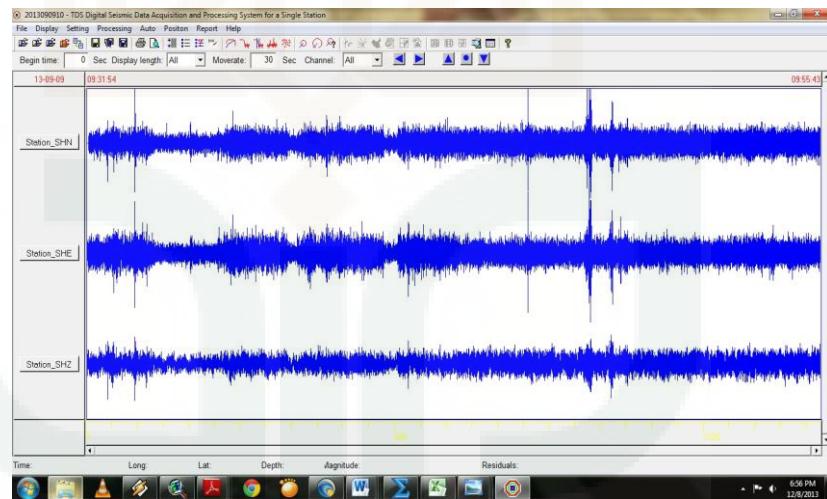
LAMPIRAN 4

ANALISIS MIKROTREMOR

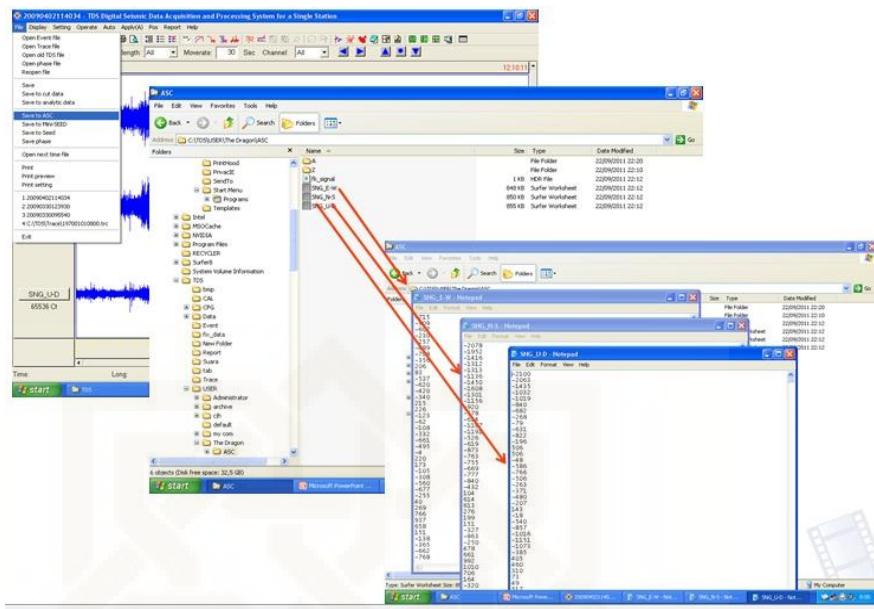
Langkah – langkah analisis mikrotremor menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) dengan bantuan *software* Sassaray-Geopsy.

A. Mengolah Data mentah Mikrotremor

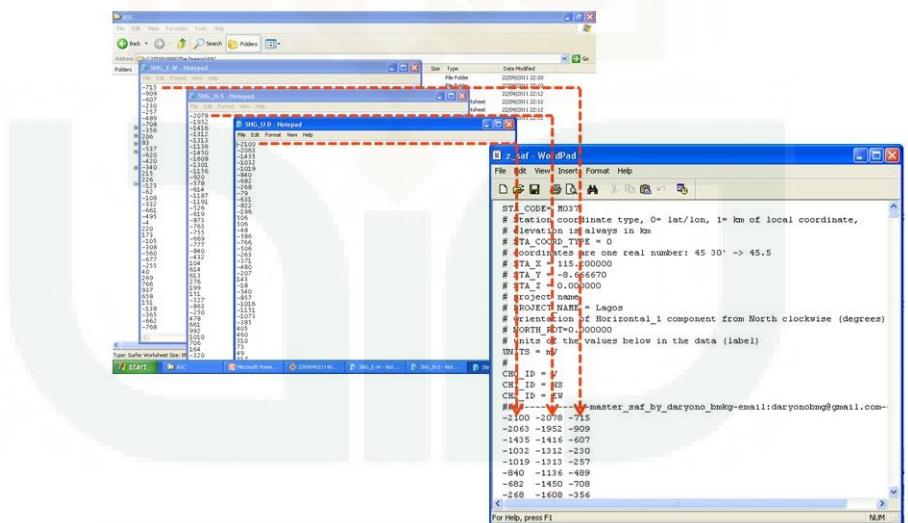
1. Data mentah mikrotremor yang diperoleh dari pengukuran di lapangan dibuka menggunakan *software* DataPro yang merupakan paket program dari seismograf TDS 303.
2. Hasil pengukuran data tersebut tercatat dalam 3 jenis gelombang yaitu gelombang seismik vertikal, horizontal (utara-selatan), dan horisontal (timur-barat).



3. Data mentah mikrotremor (*raw signal*) tidak dapat langsung diolah menggunakan *software* Sassaray-Geopsy harus dirubah ke dalam format ASCII menggunakan perangkat lunak DataPro.

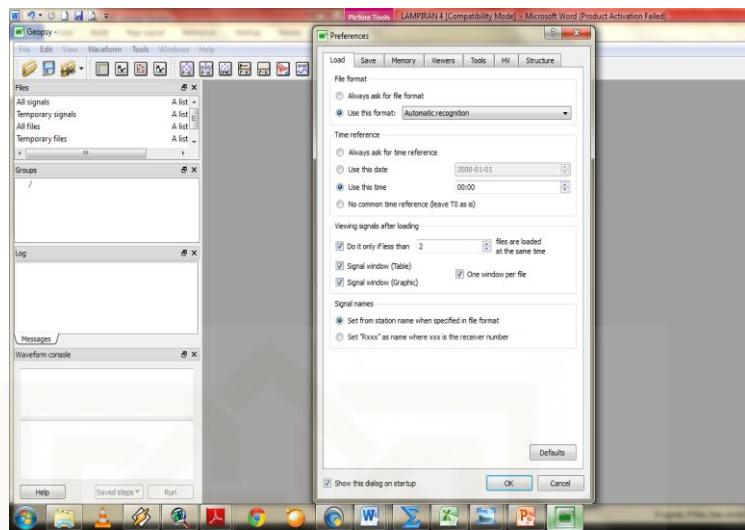


4. Kemudian data dalam format ASCII dirubah dalam format saf (SESAME Format ASCII) agar dapat diolah menggunakan *software* Sesaray-Geopsy.

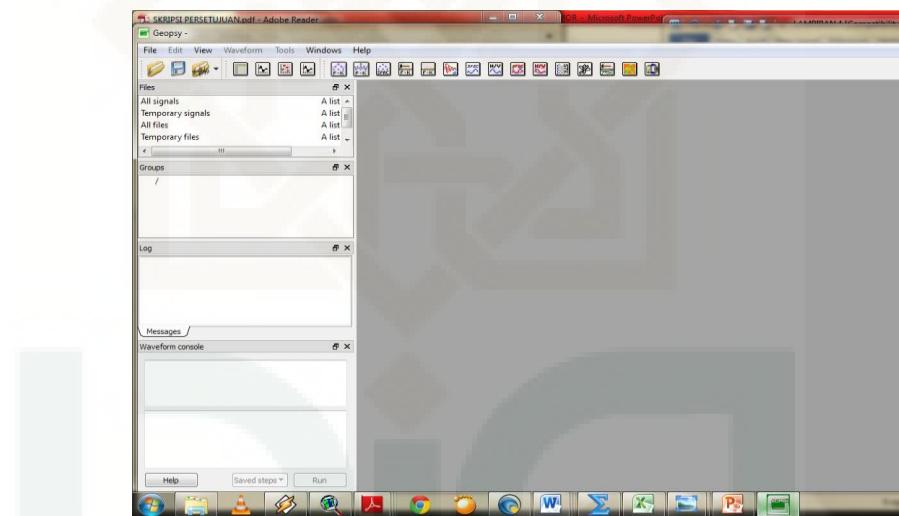


B. Menganalisis Data Mikrotremor

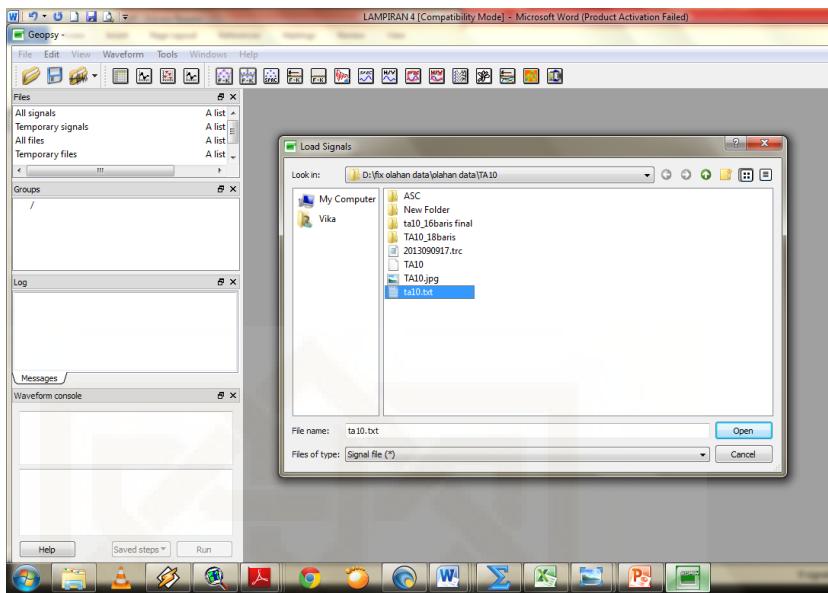
1. Buka aplikasi *software* Sesaray-Geopsy, maka akan muncul:



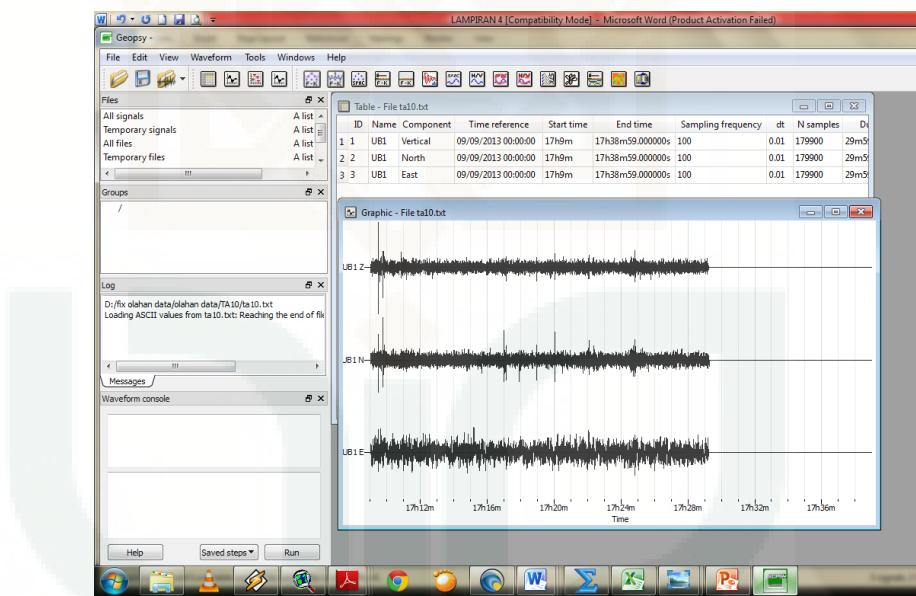
2. Klik Oke, maka akan muncul:



3. Klik import signals, kemudian dicari file penyimpanan data titik-titik pengukuran, dipilih dalam bentuk saf kemudian klik Open.

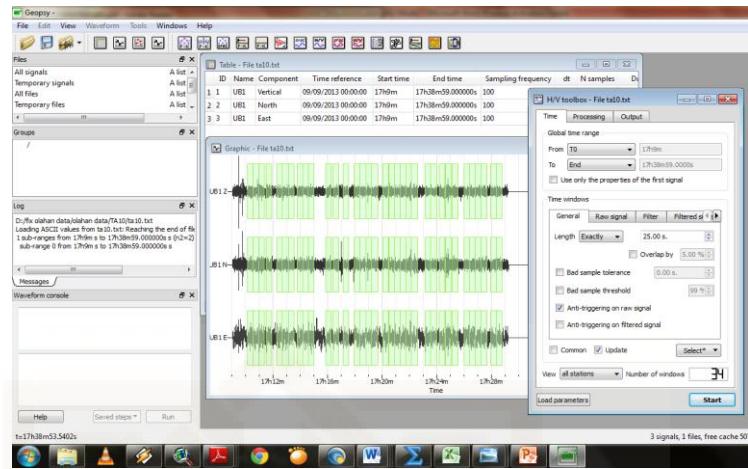


4. Kemudian akan muncul kotak grafik seperti gambar di bawah ini.

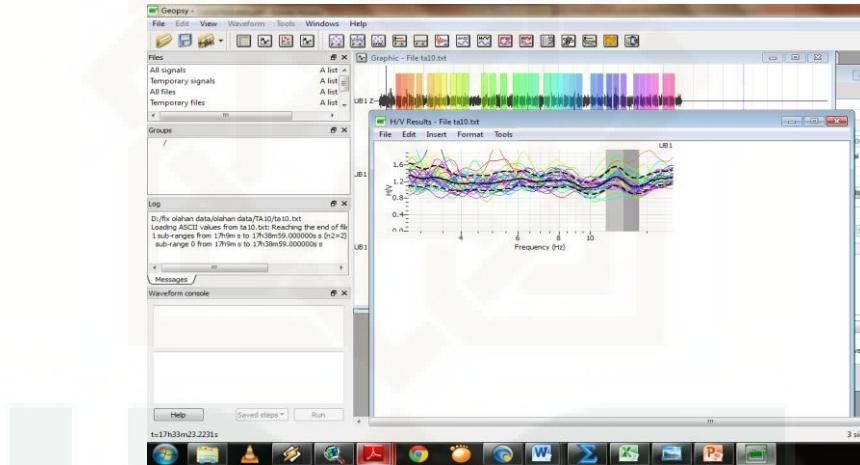


5. Klik kotak H/V pada tool bar, maka akan mucul H/V toolbox. Klik add

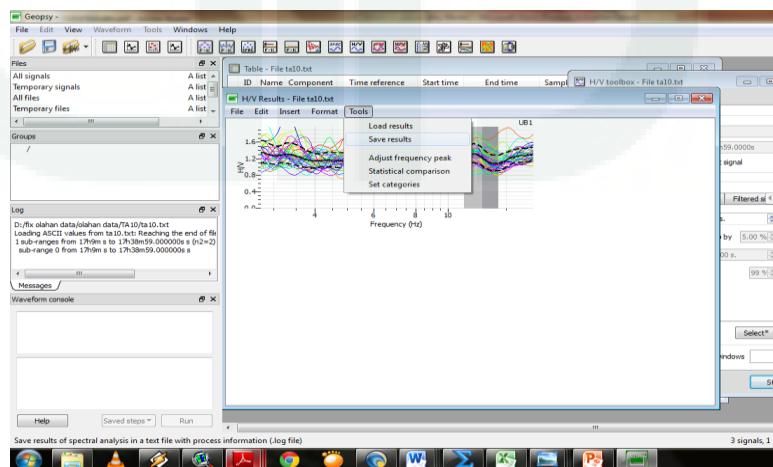
kemudian pada kotak grafik dipilih wimdw yang noise-nya sedikit.



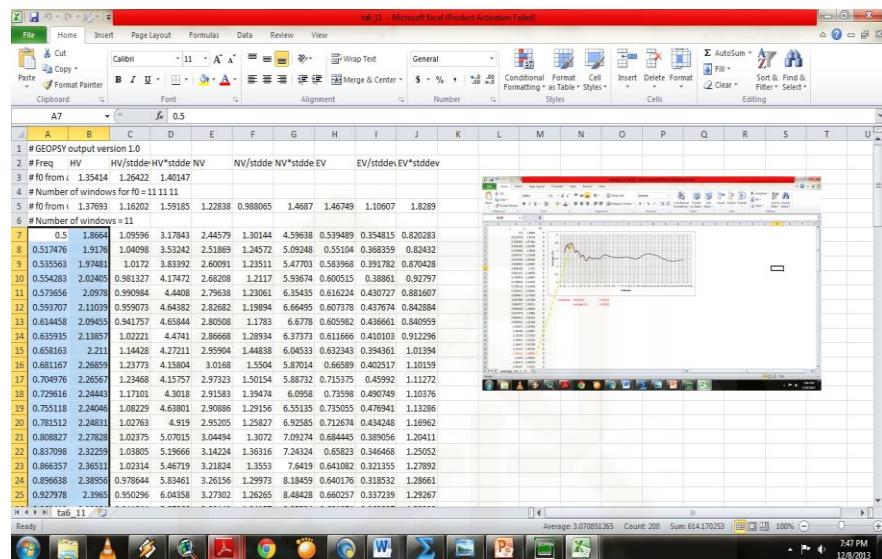
6. Klik *start* maka akan muncul grafik seperti gambar di bawah ini.



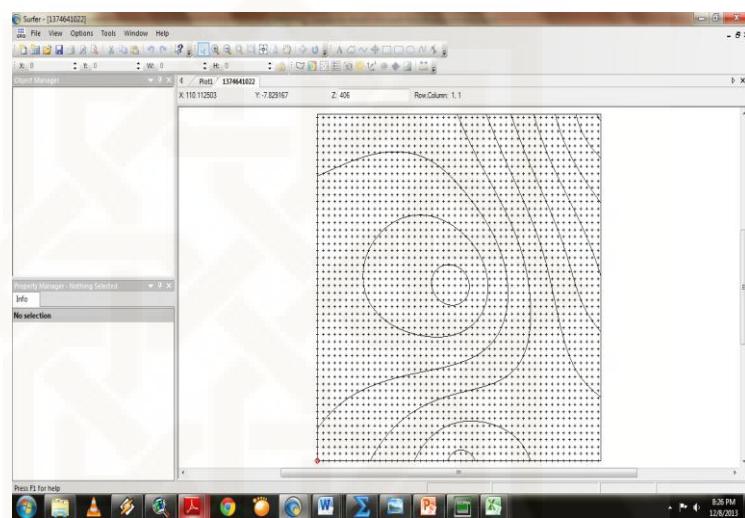
7. Untuk menyimpan, klik *Tools* kemudian pilih *save results*.



8. Untuk membuat grafik hubungan antara average H/V dengan frekuensi dari data hasil olahan *software* geopsy menggunakan excel.



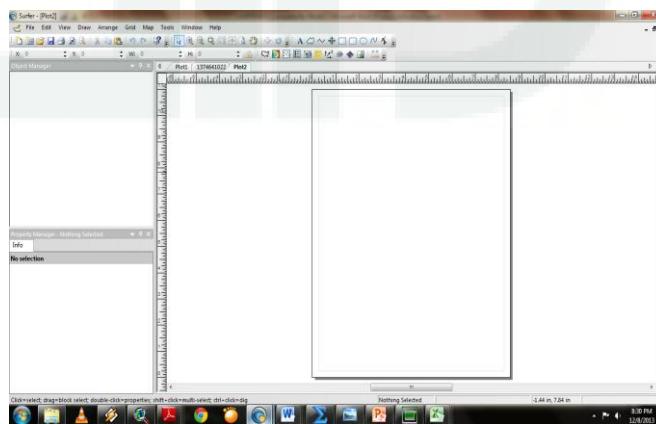
3. Klik *New Plot*, Grid data dalam bentuk txt. dengan cara klik grid pada *toolbar* maka akan menghasilkan *file tipe GRD*, kemudian klik *save* untuk menyimpan.
4. Klik *open*, pilih data yang telah di grid tadi maka akan muncul tampilan seperti di bawah ini.



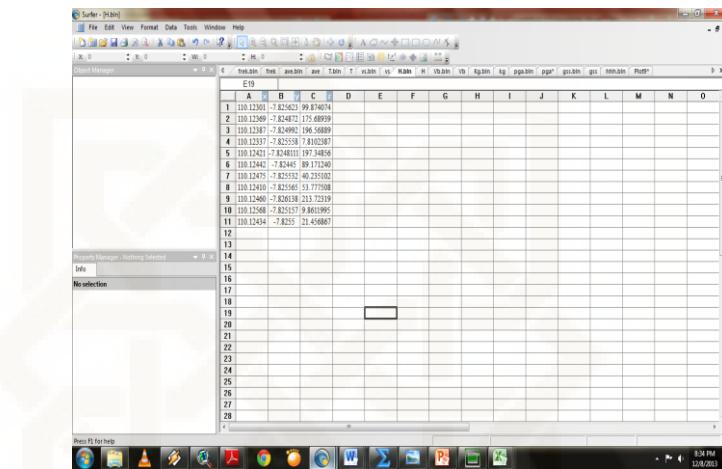
5. Cocokkan dengan data *latitude* dan *longitude* pada data lokasi penelitian, maka akan diperoleh nilai *Vs*.

D. Pembuatan *Image Map* Menggunakan Surfer 11

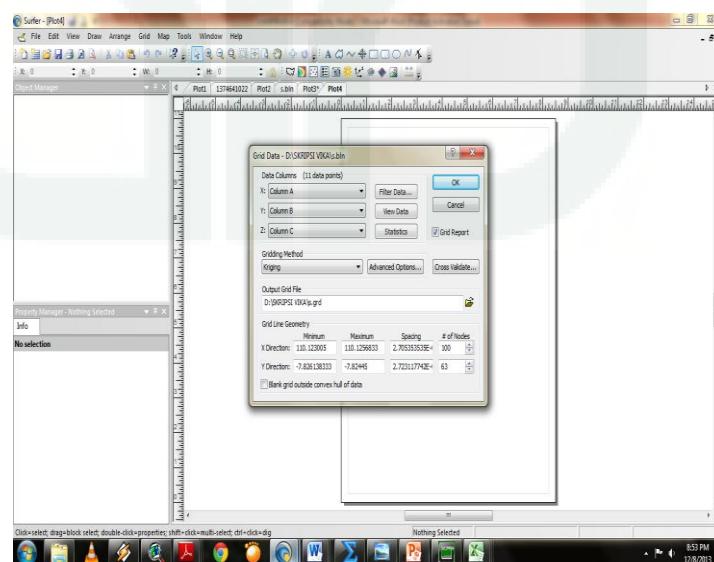
1. Buka surfer 11

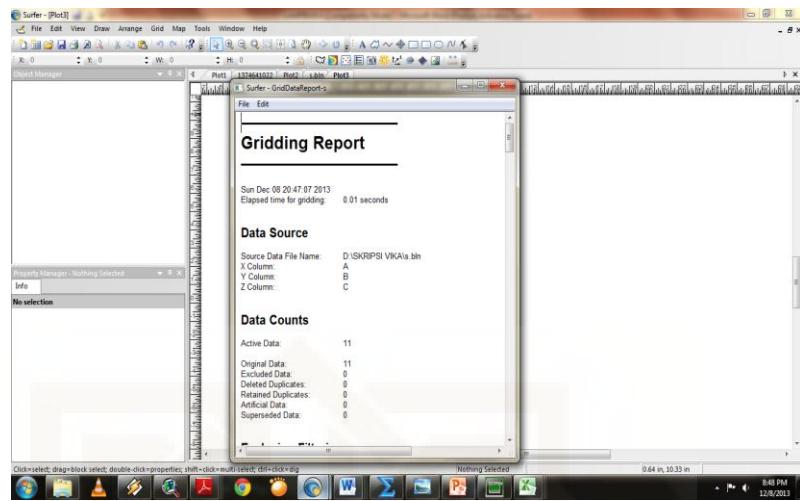


2. Pilih *file* → *new* → *worksheet*, lalu masukkan data yang akan dibuat, data pilih kolom x untuk *longitude*, y untuk *latitude*, kolom z untuk variabel ketebalan sedimen tanah (H). Setelah itu pilih *file* lalu *save* dalam bentuk (*bln).

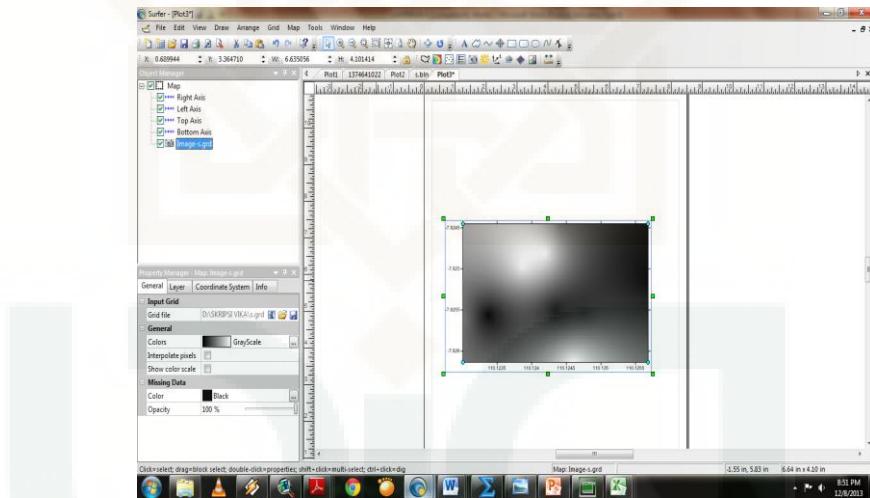


3. Pilih *New* → *new* → *plot*. Lalu pilih *Grid* → *Data* → cari data yang sudah di simpan dalam format (*bln) sebelumnya → *open* → lalu akan muncul Grid data → *ok* → maka akan menghasilkan file tipe *GridDataReport*, kemudian klik *save* untuk menyimpan.

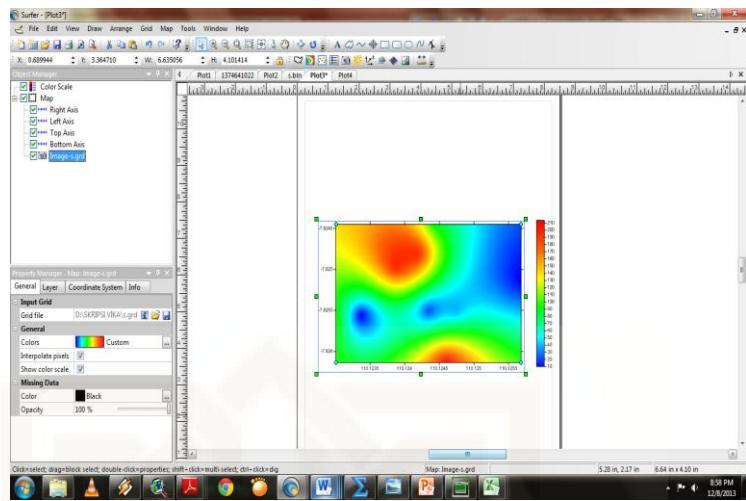




4. Klik *map* → *new* → *image map* → pilih data yang telah di grid sebelumnya klik open.



5. Pada *property manager* klik *general* kemudian klik *color* pilih warna sesuai yang diinginkan. Untuk memunculkan level klik *interpolate pixels* dan *show color scale*. Untuk mengatur level *minimum*, *maximum* dan *interval* dapat di lihat pada *labels*.



6. Setelah itu di *save*
7. Langkah untuk membuat peta mikrozonasi resiko bahaya seismik dengan menggunakan nilai PGA, Kg, GSS sama dengan seperti langkah pada membuat peta ketebalan sedimen tanah (H).



LAMPIRAN 5

MIKROZONASI

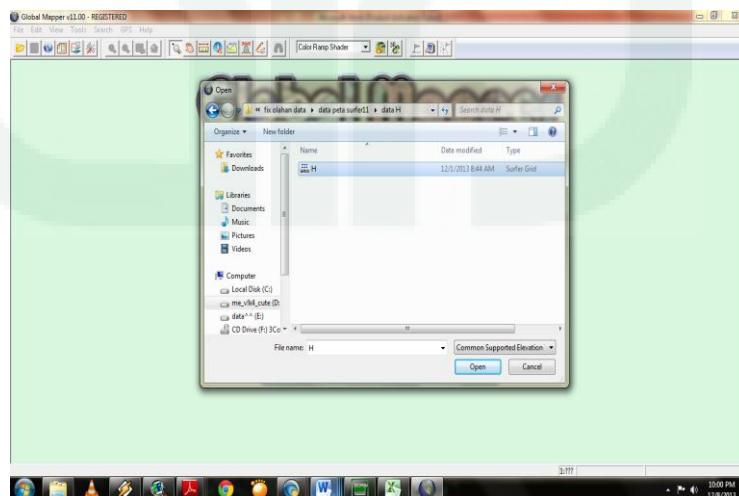
Langkah – langkah membuat mikrozonasi menggunakan *software* Global Mapper 11 dan *software* Google Earth

A. Peta Mikrozonasi Resiko Bahaya Seismik

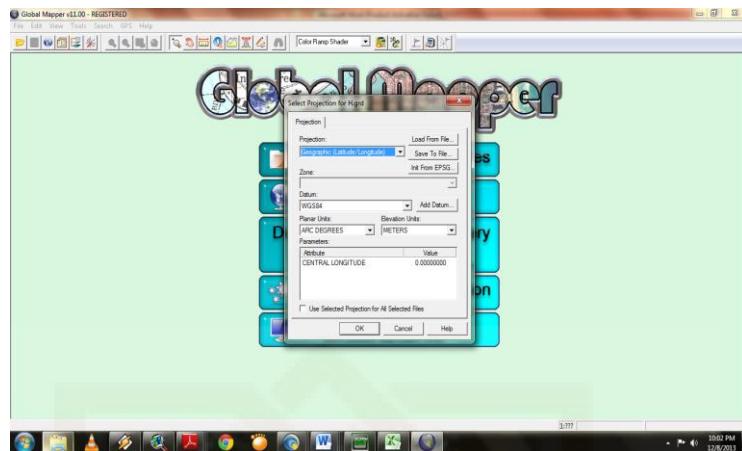
1. Siapkan data dalam format Surfer Grid yang sudah dibuat sebelumnya.
2. Buka aplikasi *software* Global Mapper 11, maka akan muncul:



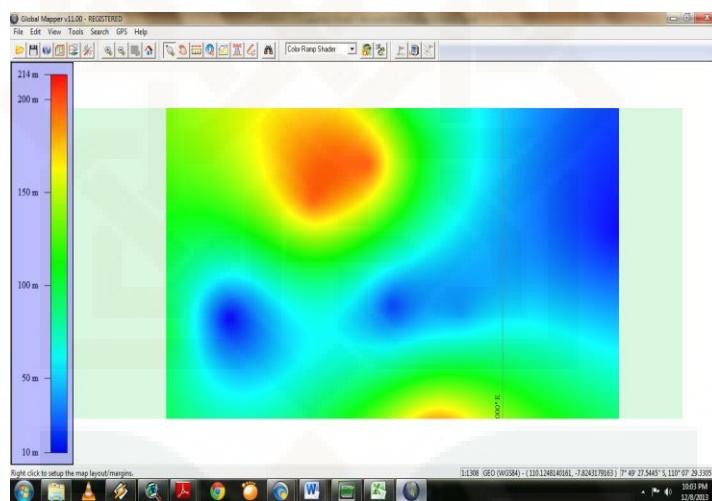
3. Klik *Open Your Own Data Files*



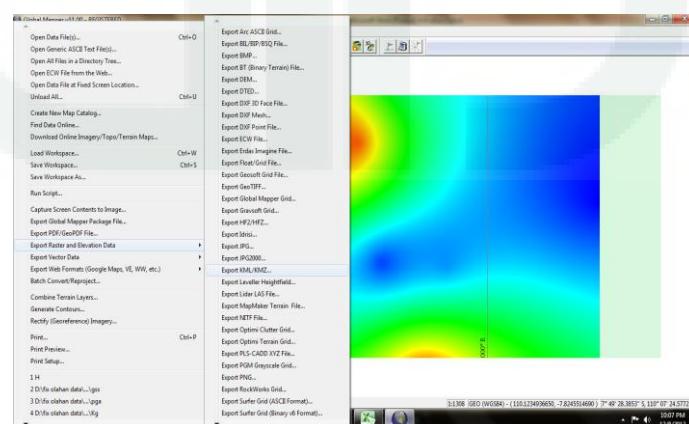
4. Lalu open SurferGrid yang sudah disimpan.



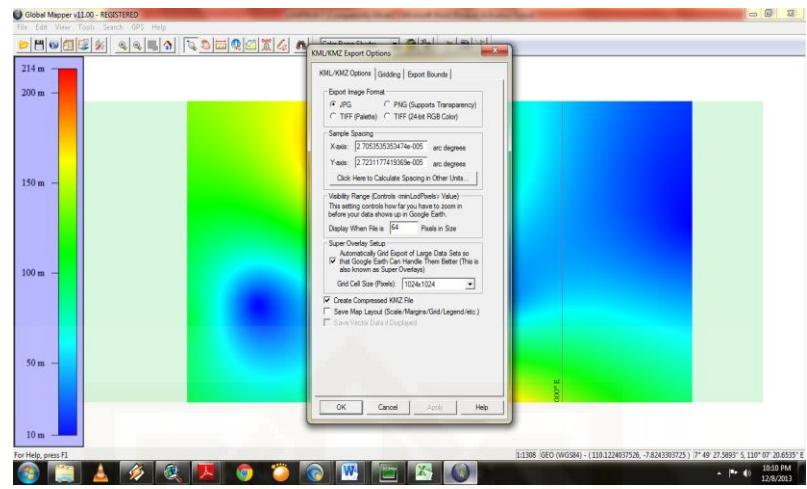
5. Klik OK, maka akan muncul:



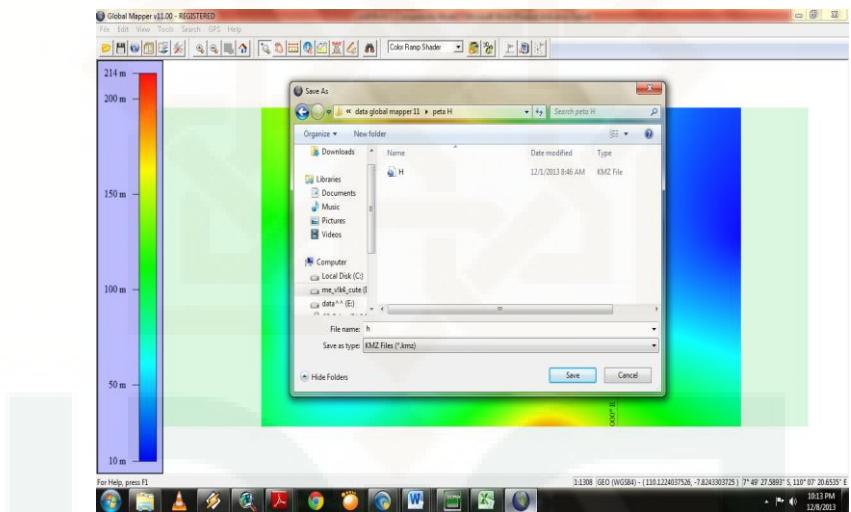
6. Pilih File → Export Raster and Elevation Data → Export KML/KMZ.



7. Klik OK, maka akan muncul:



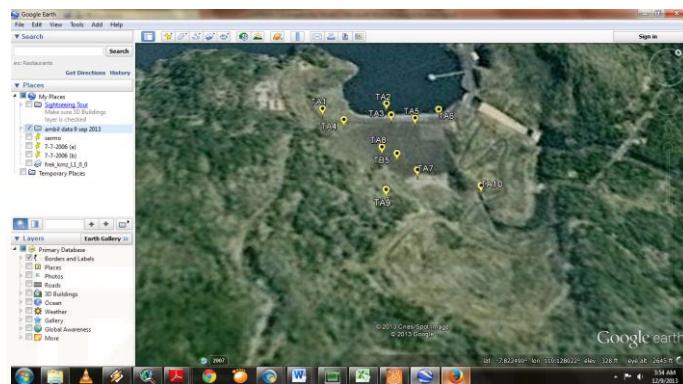
8. Lalu save dengan format (*.kmz)



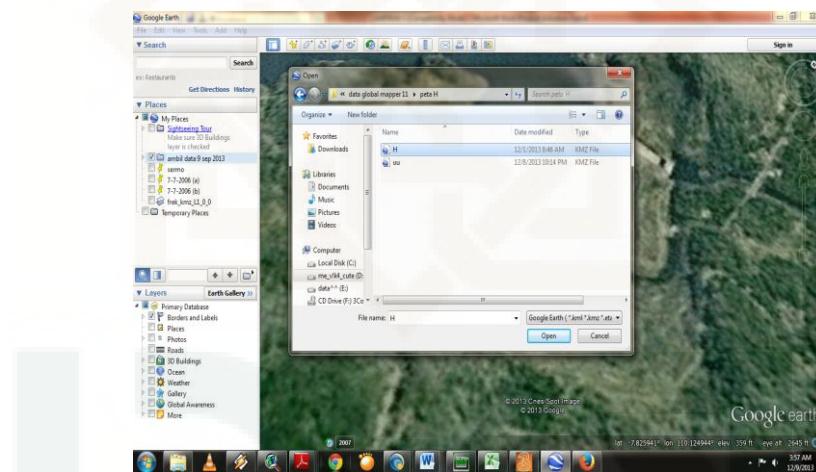
9. Buka aplikasi Google Earth, maka akan muncul:



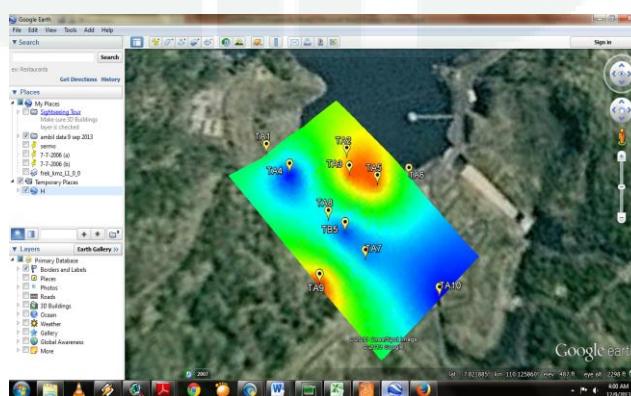
- Buka titik-titik lokasi penelitian yang sudah di grid. Lalu sesuaikan posisi tepat pada Bendungan Sermo, maka akan muncul:



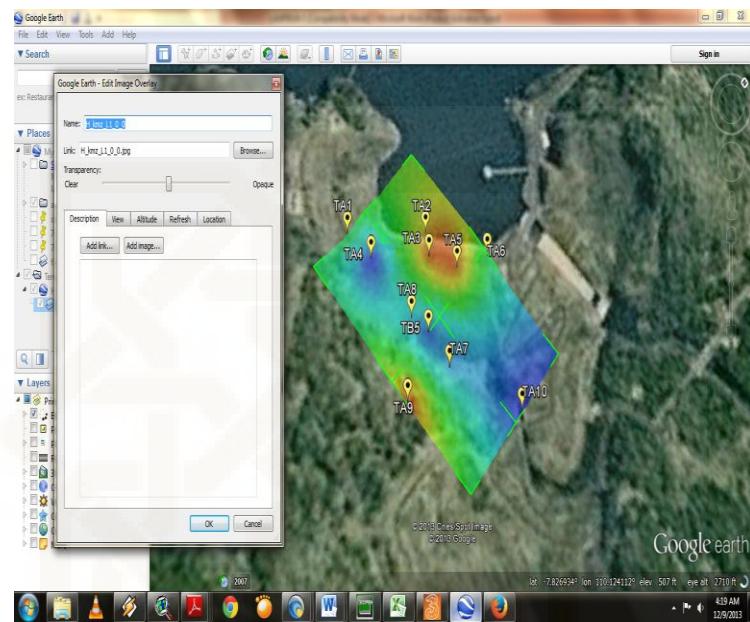
- Klik File lalu pilih Open.



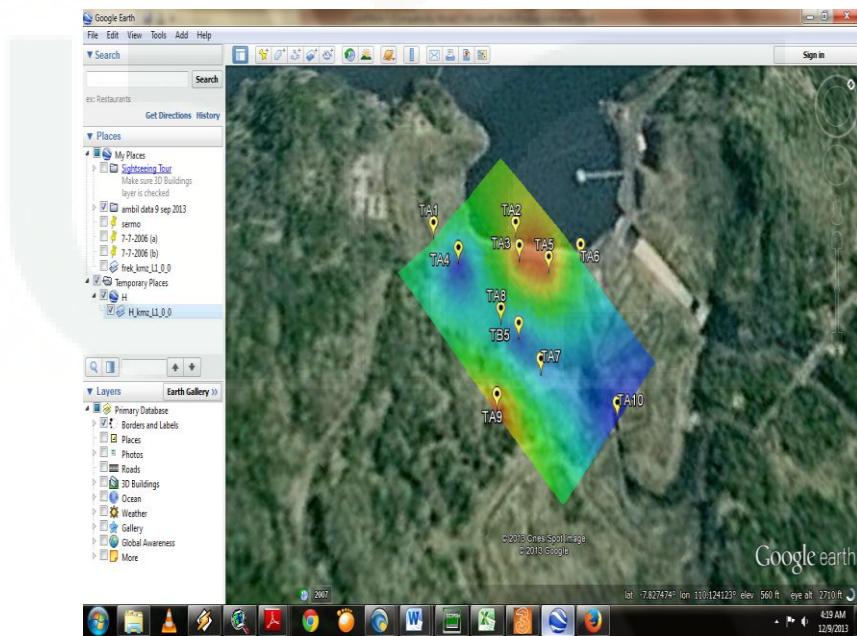
- Klik file H dalam bentuk (*.kmz) yang sudah di buat dengan Global Mapper 11, lalu Open. Maka akan muncul:



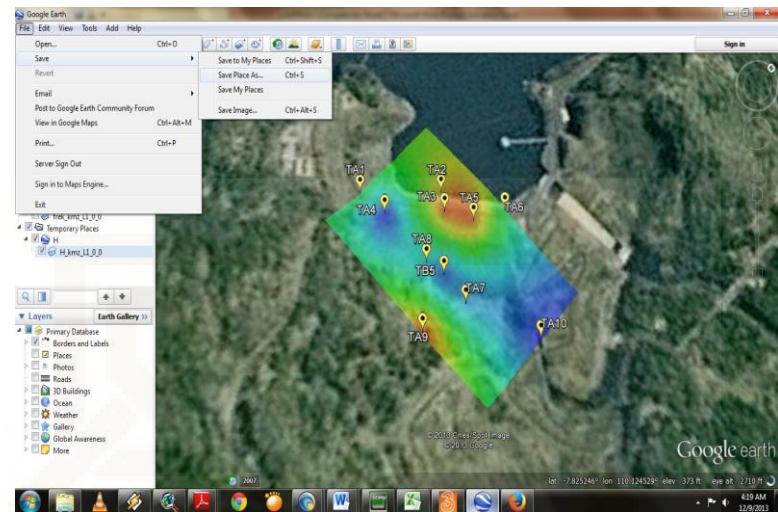
13. Untuk mengatur warna pada peta adalah dengan klik kanan pada file H (*.kmz) lalu pilih properties. Lalu untuk mengatur warna dapat menggunakan *transparency clear*. Maka akan muncul:



14. Hasil akhir peta resiko bahaya seismik berdasarkan nilai H adalah:



15. Lalu klik *file* → *save* → *save my place*. Lalu simpan di folder yang sudah disiapkan.



B. Peta Mikrozonasi Resiko Bahaya Seismik PGA, Kg, GSS dan Gabungan H, PGA, Kg, dan GSS

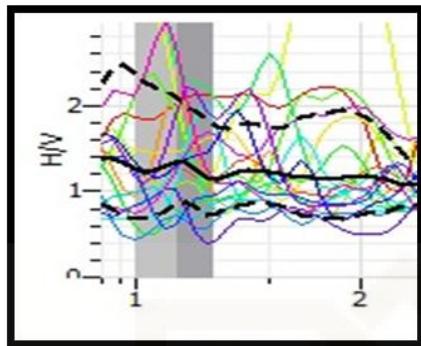
Langkah untuk membuat peta mikrozonasi resiko bahaya seismik PGA, Kg, GSS dan gabungan H, PGA, Kg, dan GSS sama dengan seperti langkah pada nomer 9 s.d. 15 di atas.

LAMPIRAN 6

ANALISA SPEKTRUM H/V

Ditinjau dari analisis bentuk spektrum yang dihasilkan pada pengolahan data mikrotremor menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) dengan *software sassaray-geopsy*, hampir seluruh titik lokasi pengambilan data menunjukkan spektrum yang cenderung datar (*flat*) atau memiliki puncak yang landai. Hanya ada satu titik yang mempunyai puncak tunggal yang tajam dengan nilai frekuensi tinggi yaitu pada TA4 yang berada pada tumpuan bendungan sebelah kiri. Hal ini bisa disebabkan oleh tidak adanya kontras atau perbedaan variasi lapisan penyusun pada struktur bawah permukaan tanah di Bendungan Sermo karena wilayah penelitian yang sempit hanya pada daerah bendungan. Analisa spektrum H/V menunjukkan bahwa pada hampir keseluruhan bagian pada bangunan Bendungan Sermo tidak terdapat beda impedansi atau beda derajat kekerasan batuan yang mencolok atau terlalu berbeda jauh antara lapisan penyusun batuan.

Dari hasil pengolahan data menggunakan *software sasarray-geopsy* maka diperoleh spektrum H/V pada seluruh titik pengambilan data pengukuran. Kemudian hasil spektrum bendungan dianalisis dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan oleh SESAME *European Research Project* tahun 2006 yang ditunjukkan pada analisa berikut:



Spektrum H/V titik TA1

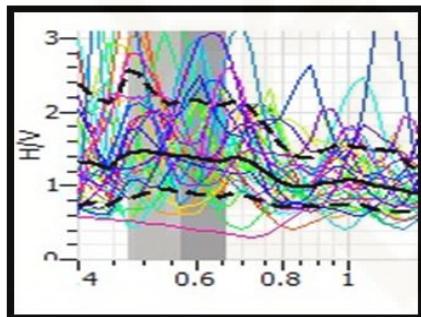
Flat H/V Ratio Curves [on rock]

Nilai $f_0 = 1.1404 \text{ Hz}$,
Elevasi=152 m
Average H/V=1.6209

Nilai $V_s = 455.5895712 \text{ m/s}$, $I_w = 20$,
 $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

Mempunyai nilai frekuensi tinggi



Spektrum H/V titik TA2

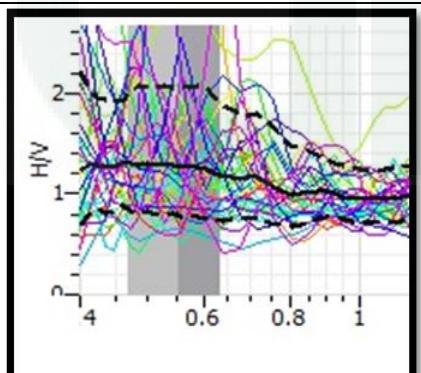
Flat H/V Ratio Curves [on sediments]

Nilai $f_0 = 0.6359 \text{ Hz}$,
Elevasi=138 m
Average H/V= 1.8155

Nilai $V_s = 446.908125 \text{ m/s}$,
 $I_w = 50$, $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

(F<1.0 Hz) termasuk dalam frekuensi rendah.



Spektrum H/V titik TA3

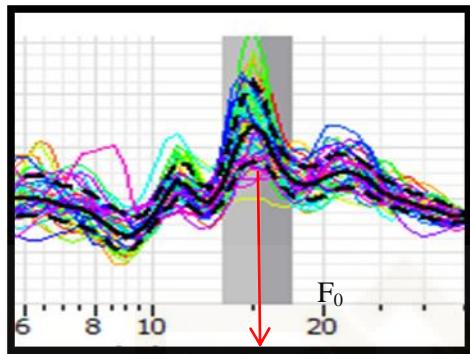
Flat H/V Ratio Curves [on sediments]

Nilai $f_0 = 0.5737 \text{ Hz}$,
Elevasi=134 m
Average H/V=1.3622

Nilai $V_s = 451.0516833 \text{ m/s}$,
 $I_w = 20$, $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

(F<1.0 Hz) termasuk dalam frekuensi rendah



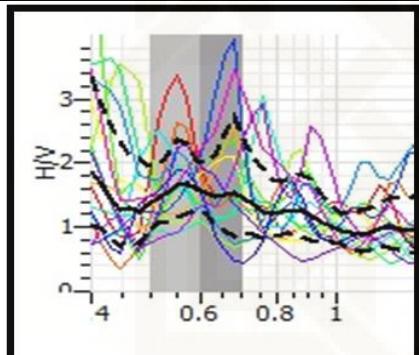
Spektrum H/V titik TA4

Clear Peak

Nilai $f_0 = 14.7337 \text{ Hz}$,
Elevasi=141 m
Average H/V=1.2938

Nilai $V_s = 460.294855 \text{ m/s}$, $I_w = 50$,
 $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$



Spektrum H/V titik TA5

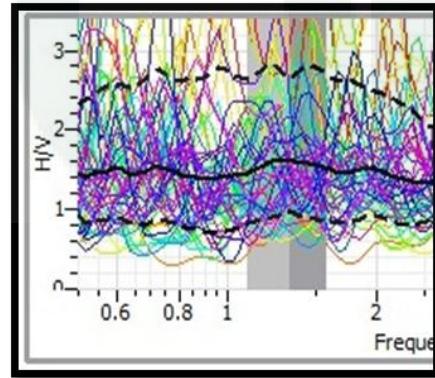
Flat H/V Ratio Curves [on sediments]

Nilai $f_0 = 0.5737 \text{ Hz}$,
Elevasi=134 m
Average H/V=1.7276

Nilai $V_s = 452.8407421 \text{ m/s}$, $I_w = 50$,
 $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

(F<1.0 Hz) termasuk frekuensi rendah



Spektrum H/V titik TA6

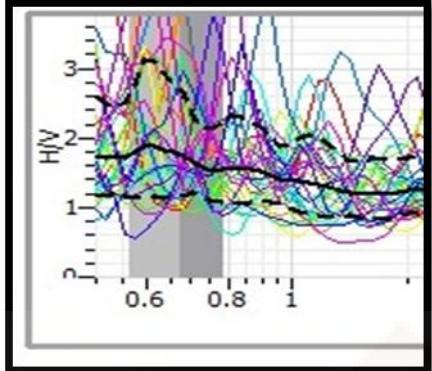
Flat H/V Ratio Curves (on rock)

Nilai $f_0 = 1.2642 \text{ Hz}$,
Elevasi=135 m
Average H/V=2.4380

Nilai $V_s = 450.9282582 \text{ m/s}$, $I_w = 50$,
 $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

Mempunyai nilai frekuensi tinggi



Spektrum H/V titik TA7

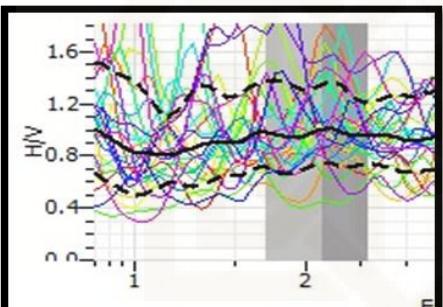
Flat H/V Ratio Curves (on rock)

Nilai $f_0 = 2.9018 \text{ Hz}$,
Elevasi=112 m
Average H/V=1.1107

Nilai $V_s = 467.0168813 \text{ m/s}$, $I_w = 50$,
 $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

Mempunyai nilai frekuensi tinggi



Spektrum H/V titik TA8

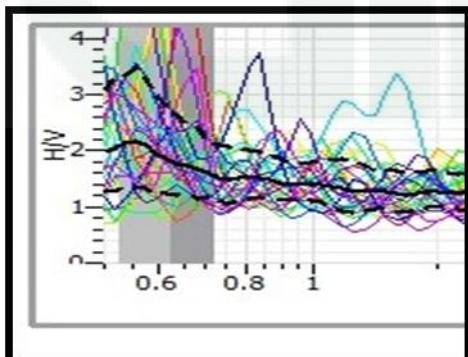
Flat H/V Ratio Curves (on rock)

Nilai $f_0 = 2.1509 \text{ Hz}$,
Elevasi=126 m
Average H/V=1.0059

Nilai $V_s = 462.6930745 \text{ m/s}$, $I_w = 20$,
 $n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,
 $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

Mempunyai nilai frekuensi tinggi



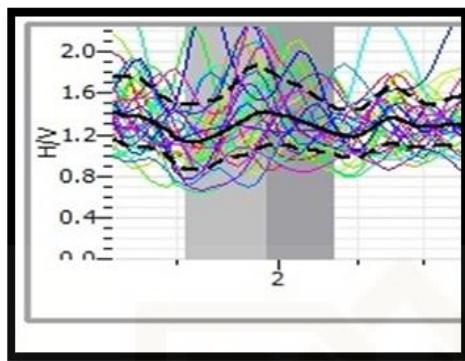
Spektrum H/V titik TA9

Flat H/V Ratio Curves [on sediments]

Nilai $f_0 = 0.5543 \text{ Hz}$,
Elevasi=121 m
Average H/V=2.1641

Nilai $V_s = 473.8525336 \text{ m/s}$, $I_w = 20$,
 $n_c = 200$. *Criteria for a reliable H/V curve*
 $f_0 > \frac{10}{I_w}$, $n_c(f_0) > 200$, $\sigma_A(f) < \log_{10}(2)$

Dengan nilai frekuensi rendah ($F < 1.0 \text{ Hz}$)



Spektrum H/V titik TA10

Flat H/V Ratio Curves (on rock)

Nilai $f_0 = 11.9912 \text{ Hz}$,

Elevasi=96 m

Average H/V=1.2649

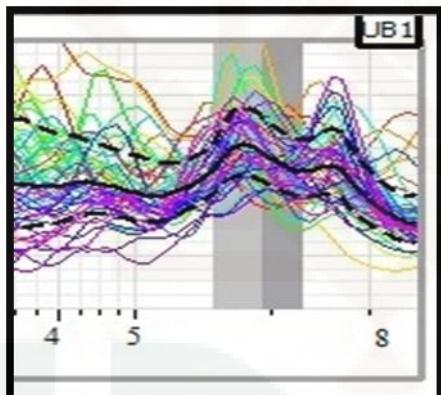
Nilai $V_s = 472.9904613 \text{ m/s}$, $I_w = 20$,

$n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve

$$f_0 > \frac{10}{I_w}, n_c(f_0) > 200, \sigma_A(f) < \log_{10}(2)$$

Mempunyai nilai frekuensi tinggi



Spektrum H/V titik TB5

Flat H/V Ratio Curves (on rock)

Nilai $f_0 = 5.3903 \text{ Hz}$,

Elevasi=117 m

Average H/V=1.2126

Nilai $V_s = 462.6315151 \text{ m/s}$, $I_w = 20$,

$n_c = 200$

Criteria for a reliable H/V curve $f_0 > \frac{10}{I_w}$,

$$n_c(f_0) > 200, \sigma_A(f) < \log_{10}(2)$$

Mempunyai nilai frekuensi tinggi

Keterangan:

I_w = minimum windowing picking gelombang

σ_A = standart deviasi

n_c = besarnya total windowing dan picking gelombang

f_0 = frekuensi dominan

V_s = kecepatan gelombang S

LAMPIRAN 7

Foto-foto lokasi dan pengambilan data adalah sebagai berikut:

