

**STUDI *SITE EFFECT* (TAPAK LOKAL)
BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR
DI KECAMATAN NGLUWAR KABUPATEN
MAGELANG JAWA TENGAH**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



diajukan oleh :

Sri Handayani

15620045

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2019



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : B-4283/Un.02/DST/PP.05.3/09/2019

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : *STUDI SITE EFFECT (TAPAK LOKAL) BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR DI KECAMATAN NGLUWAR KABUPATEN MAGELANG JAWA TENGAH.*

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Sri Handayani
NIM : 15620045
Telah dimunaqasyahkan pada : 20 September 2019
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

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

Penguji I

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

Penguji II

Drs. Nur Untoro, M.Si.
NIP. 19661126 199603 1 001

Yogyakarta, 20 September 2019
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Dr. Murtono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001



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 : Sri Handayani

NIM : 15620045

Judul Skripsi : Studi *Site Effect* (Tapak Lokal) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah

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 bidang Fisika.

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 29 Agustus 2019

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Handayani
NIM : 15620045
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi *Site Effect* (Tapak Lokal) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 18 Agustus 2019

Penulis



Sri Handayani
NIM. 15620045

MOTTO

*ALLAH MAHA KUASA
BERSYUKUR ATAS SEGALA NIKMAT-NYA*



- Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si. dan Bapak Nugroho Budi Wibowo, M.Si. yang menjadi dosen pembimbing saya selama saya membuat karya ilmiah ini. Terimakasih atas kritik dan saran yang membangun, dukungan, nasihat yang berarti, serta ilmu dan pengetahuan yang sangat berguna demi terselesaikannya karya ilmiah ini
- Seseorang yang selalu memberikan semangat dan menemani montang-manting Ahmad Sholahuddin terimakasih sudah menemani
- Sahabat superku Arfika Sasmi, Defsi Septiani, Ita Purnamasari, dan Linda Septiana yang selalu mendengarkan keluhanku dan selalu sabar menghadapi sikapku
- Teman seperjuanganku Zulianing Sulistyo yang dari maba sampai di titik ini mempunyai komitmen yang sama. Terimakasih sudah menjadi partner kerjaku dan menjadi sahabatku
- Tim sukses Badrun, Hendri, Umar, Mujib terimakasih selama ini sudah mau direpotkan, dan sudah banyak membantu dalam pengambilan data penelitian ini
- Seluruh anggota GSC (*Geophysics Studi Club*) UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Seluruh teman-teman fisika 2015 terimakasih sudah menjadi keluarga besar dari sekarang hingga nanti

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahhirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, petunjuk, dan ilmu kepada penulis sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Studi Site Effect (Tapak Lokal) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah**. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan baginda Rasulullah saw yang telah membawa manusia dari alam jahiliyah menuju alam yang berilmu seperti sekarang. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S1 Program Studi Fisika di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Drs. K.H. Yudian Wahyudi, M.A., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
3. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta serta selaku pembimbing yang telah membimbing

penulis selama kuliah dan memberikan diskusi, saran dan masukan dalam menyusun skripsi

4. Bapak Nugroho Budi Wibowo, M.Si. selaku pembimbing yang dengan sabar mengoreksi dan memberikan masukannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
5. Semua staf Tata Usaha dan karyawan di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan semua staf Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Yogyakarta yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu terselesaikannya skripsi ini
6. Teman-teman Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta angkatan 2015 yang selalu memberikan semangat luar biasa kepada penulis selama menjadi mahasiswa, tetaplah kompak dan menjadi sahabat sepanjang masa.

Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat selesai. Semoga Allah membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam menyusun skripsi ini, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Yogyakarta, Agustus 2018

Penulis

STUDI *SITTE EFFECT* (TAPAK LOKAL) BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR DI KECAMATAN NGLUWAR KABUPATEN MAGELANG JAWA TENGAH

Sri Handayani

15620045

INTISARI

Telah dilakukan penelitian di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah berdasarkan pengukuran mikrotremor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi tanah (A_0). Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui potensi daerah rawan bencana gempabumi berdasarkan studi *site effect* (tapak lokal) dikaji dengan parameter percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration, PGA*), indeks kerentanan seismik (K_g), *ground shear strain (GSS)* dan ketebalan lapisan sedimen (h) yang bermanfaat untuk perencanaan, pengembangan, dan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempabumi sehingga dapat meminimalisir resiko saat bencana gempabumi terjadi. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan seismometer tipe TDS-303 pada 41 titik pengukuran dengan jarak antar titik 1000 meter. Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *Sesarry Geopsy* dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* untuk mendapatkan frekuensi dominan dan amplifikasi tanah. Perhitungan nilai *PGA* menggunakan persamaan Kanai dan model gempabumi skenario yang digunakan adalah gempabumi dengan sumber sesar lokal (sesar progo) dengan magnitudo 5 dan 6. Nilai *PGA* yang dihasilkan pada magnitudo 5 yaitu 24,94 s.d 126,50 gal sedangkan untuk magnitudo 6 berkisar 101,60 s.d 515,35 gal. Sebaran nilai indeks kerentanan seismik antara 0,87 s.d 58,27. Sebaran nilai *ground shear strain* antara $0,08 \times 10^{-3}$ s.d $1,53 \times 10^{-3}$ untuk magnitudo 5 sedangkan untuk magnitudo 6 berkisar $0,35 \times 10^{-3}$ s.d $6,26 \times 10^{-3}$. Ketebalan lapisan sedimen (h) antara 7,12 meter s.d 151,74 meter. Nilai *PGA*, K_g , *GSS* dan h terbesar berada di Desa Pakunden dan Banjarharjo yang diperkirakan memiliki tingkat resiko besar terhadap bencana gempabumi. Nilai indikator tingkat kerawanan terhadap dampak gempabumi sangat dipengaruhi oleh faktor *site effect* atau kondisi geologi setempat dari suatu daerah sehingga tidak cukup dengan mengukur satu parameter saja.

Kata Kunci: Mikrotremor, *HVSr*, *Site Effect*, Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang

**SITTE EFFECT STUDY (LOCAL TAPAK) BASED ON MEASUREMENT OF
MICROTREMORS IN NGLUWAR DISTRICT MAGELANG REGENCY CENTRAL JAVA**

Sri Handayani

15620045

ABSTRACT

Research has been carried out in Ngluwar District, Magelang Regency, Central Java based on microtremor measurements. This study aims to determine the value of dominant frequency (f_0) and soil amplification (A_0). This study also aims to determine the potential for earthquake-prone areas based on site effect studies (local sites) assessed with parameters of maximum ground vibration acceleration (Peak Ground Acceleration, PGA), seismic vulnerability index (Kg), ground shear strain (GSS) and layer thickness sediments (h) that are useful for planning, developing, and building that are resistant to earthquake vibrations so as to minimize the risk when an earthquake disaster occurs. Data was collected using a seismometer type TDS-303 at 41 measurement points with a distance between points of 1000 meters. The data is processed using Sesarry Geopsy software using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method to obtain dominant frequency and soil amplification. The calculation of PGA values using the Kanai equation and the scenario earthquake model used is an earthquake with a local fault source (fault progo) with magnitudes 5 and 6. The PGA values generated at magnitude 5 are 24,9 to 126,50 gal while for magnitude 6 ranging from 101,60 to 515,35 gal. Distribution of seismic vulnerability index values between 0,87 to 58,27. The distribution of ground shear strain values is between $0,08 \times 10^{-3}$ to $1,54 \times 10^{-3}$ for magnitude 5 while for magnitude 6 it ranges from $0,34 \times 10^{-3}$ up to $6,26 \times 10^{-3}$. The thickness of the sedimentary layer (h) ranged from 7,12 meters to 151,74 meters. The largest PGA, Kg, GSS and h values are in the villages of Pakunden and Banjarharjo which are estimated to have a high level of risk from earthquake disasters. The value of the indicator of the level of vulnerability to the impact of an earthquake is strongly influenced by site effect factors or the local geological conditions of an area so it is not enough to measure just one parameter.

Keywords: Microtremor, HVSr, Site Effect, Ngluwar District, Magelang Regency

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	7
3. Tujuan Penelitian.....	8
4. Batasan Penelitian	8
5. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Studi Pustaka	10
2.2 Gempabumi	12
2.2.1 Berdasarkan penyebab terjadinya gempabumi.....	16
2.2.2 Berdasarkan jarak episentrum	16
2.2.3 Berdasarkan kedalaman hiposentrum	17
2.3 Gelombang Seismik	18
2.3.1 Gelombang badan (<i>Body wave</i>)	22
2.3.2 Gelombang Permukaan (<i>surface waves</i>).....	25
2.4 Mikrotremor	26
2.5 Transformasi Fourier	30

2.6	Frekuensi Dominan Tanah	30
2.7	Periode Dominan Tanah	31
2.8	Amplifikasi	33
2.9	Nilai Indeks Kerentanan Seismik	34
2.10	<i>Ground shear strain</i>	38
2.11	Percepatan Getaran Tanah Maksimum	39
2.12	Skala Intensitas Gempa	43
2.13	Seismometer dan Seismograf	44
2.14	Metode HVSr (<i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>)	46
BAB III METODE PENELITIAN		51
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	51
3.2	Peta Desain Survei Penelitian di Kecamatan Ngluwar	51
3.3	Peta Geologi Daerah Penelitian	52
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	53
3.4.1	Perangkat keras	53
3.4.2	Perangkat lunak	54
3.4.3	Peralatan penunjang	54
3.5	Prosedur Kerja	55
3.5.1	Tahap penelitian	55
3.5.2	Tahap pengolahan data	56
3.6	Metode Analisa Data	57
BAB IV PEMBAHASAN		59
4.1	Mikrozonasi Frekuensi Dominan	68
4.2	Mikrozonasi Amplifikasi	74
4.3	Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik	79
4.4	Percepatan Getaran Tanah (<i>PGA</i>)	82
4.5	<i>Ground Shear Strain (GSS)</i>	86
4.6	Integrasi Interkoneksi	89

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
4.1 Kesimpulan.....	93
4.2 Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	96
LAMPIRAN.....	102



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian yang relevan dengan penelitian di Daerah Kecamatan Ngluwar	11
Tabel 2. Sumber-sumber mikrotremor berdasarkan frekuensinya (Gutenberg, 1958 dan Asten, 1978 dalam Gazali, 2017)	27
Tabel 3. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai (Arifin dkk, 2013).....	29
Tabel 4. Klasifikasi sesuai dengan Eurocode 8 (Mufida, dkk, 2013).	29
Tabel 5. Klasifikasi tanah konversi Kanai-Tanaka dengan Omote-Nakajima	32
Tabel 6. Klasifikasi Nilai Amplifikasi	33
Tabel 7. Tingkat strain dan dinamika tanah	38
Tabel 8. Klasifikasi tanah Kanai dan Tanaka.....	40
Tabel 9. Tingkat resiko gempabumi berdasarkan nilai percepatan getaran tanah maksimum	42
Tabel 10. Skala intensitas gempa berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum	43
Tabel 11. Skala MMI (Modified Mercalli Intensity)	44
Tabel 12. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor ...	69
Tabel 13. Klasifikasi nilai amplifikasi pada lokasi penelitian	75

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gerakan lempeng bumi (Thomson, 1863).....	13
Gambar 2. Ilustrasi teori bingkis elastis (Lowrie, 2007)	15
Gambar 3. Kubus dengan panjang sisi dx, dy, dz	19
Gambar 4. Ilustrasi gerak gelombang primer (P) (Afnimar, 2009).....	23
Gambar 5. Ilustrasi gerak gelombang sekunder (S) (Afnimar, 2009).....	24
Gambar 6. Ilustrasi gelombang rayleigh (Afnimar, 2009)	25
Gambar 7. Ilustrasi gelombang love (Afnimar, 2009)	26
Gambar 8. Deformasi regangan pada permukaan tanah (Nakamura, 2008)	35
Gambar 9. Digital portable seismograph tipe TDV-235.....	45
Gambar 10. Seismometer tipe TDS-303S	45
Gambar 11. Model cekungan yang berisi material sedimen (Nakamura, 2000)...	46
Gambar 12. Peta desain survei penelitian di Kecamatan Ngluwar	51
Gambar 13. Peta geologi daerah penelitian (Rahardjo, 1995)	52
Gambar 14. Portabel seismograph TDS 303.....	53
Gambar 15. Diagram alir penelitian	55
Gambar 16. Prosedur pengolahan data.....	56
Gambar 17. Kurva HVSR clear peak	62
Gambar 18 Kurva HVSR double peak.....	64
Gambar 19 Kurva HVSR Broad Peak or Multiple Peaks	65
Gambar 20. <i>Flat H/V Ratio Curves [on sediments]</i>	67
Gambar 21. Grafik hubungan antara ketebalan sedimen dan frekuensi dominan. 68	
Gambar 22. Peta persebaran nilai frekuensi dominan di Kecamatan Ngluwar.....	70
Gambar 23. Peta persebaran nilai ketebalan sedimen di Kecamatan Ngluwar.....	70
Gambar 24. Peta persebaran nilai Vs30 di Kecamatan Ngluwar	71
Gambar 25. Area penelitian pada titik pengukuran Z15R	72
Gambar 26. Area penelitian pada titik pengukuran Z18R	72
Gambar 27. Area penelitian pada titik pengukuran Z4R	72
Gambar 28. Area penelitian pada titik pengukuran Z32R	72
Gambar 29. Area penelitian pada titik pengukuran Z17R	73
Gambar 30. Area penelitian pada titik pengukuran Z36R	73
Gambar 31. Peta persebaran nilai amplifikasi di Kecamatan Ngluwar	75
Gambar 32. Area penelitian pada titik pengukuran Z2R	76
Gambar 33. Area penelitian pada titik pengukuran Z12R	76
Gambar 34. Area penelitian pada titik pengukuran Z31R	77
Gambar 35. Area penelitian pada titik pengukuran Z35R	77

Gambar 36. Area penelitian pada titik pengukuran Z37R	78
Gambar 37. Area penelitian pada titik pengukuran Z38R	78
Gambar 38. Peta persebaran nilai indeks kerentanan seismik di Kecamatan Ngluwar	80
Gambar 39. Peta persebaran nilai percepatan tanah (PGA) di Kecamatan Ngluwar dengan magnitudo 5	84
Gambar 40. Peta persebaran nilai percepatan tanah (PGA) di Kecamatan Ngluwar dengan magnitudo 6	84
Gambar 41. Peta persebaran nilai ground shear strain pada magnitudo 5 di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang	87
Gambar 42. Peta persebaran nilai ground shear strain pada magnitudo 6 di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Perhitungan	102
Lampiran 2. Contoh Perhitungan Pada Titik Pengukuran 1.....	115
Lampiran 3. Pengolahan Data Mikrotremor.....	118
Lampiran 4. Tabel Pengambilan Data Mikrotremor	140
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian	141
Lampiran 6. Contoh Hasil Pengolahan Data Mikrotremor Pada Titik Pengukuran Z6R.....	142



BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam (BNPB, 2010). Indonesia negara yang memiliki potensi bencana yang sangat besar. Bencana ini terjadi karena berbagai sebab antara lain karena wilayah Indonesia berada diantara tiga lempeng besar dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik. Pergerakan lempeng samudera dan benua dalam bentuk tumbukan dan gesekan menimbulkan beberapa zona subduksi dan patahan permukaan. Pergerakan ini membebaskan sejumlah energi yang telah terkumpul sekian lama secara tiba - tiba, dimana proses pelepasan tersebut menimbulkan getaran gempabumi dengan nilai yang beragam (Kertapati, 2004 dalam Thoha, 2015), peristiwa ini disebut dengan gempabumi tektonik. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

Berbagai wilayah di Indonesia pernah mengalami gempabumi tektonik secara historis di Jawa Tengah pernah terjadi gempabumi signifikan yang menyebabkan beberapa kerusakan, antara lain yaitu pada tahun 2011 terjadi

gempabumi dengan magnitudo 7,1 dengan pusat gempa di laut 293 km barat daya Cilacap Jawa Tengah. Selain itu pada tahun 2013 juga terjadi gempabumi dengan magnitudo 4,8 dengan pusat gempa di darat 11 km barat laut Wonosobo yang mengakibatkan 2 orang mengalami luka-luka dan banyak rumah warga yang rusak sedangkan pada tahun 2014 terjadi gempabumi dengan magnitudo 6,5 dengan pusat gempa di laut 199 km tenggara Cilacap yang mengakibatkan rusaknya rumah-rumah warga namun tidak ada korban jiwa dan masih banyak lagi data gempabumi yang terjadi di Jawa Tengah (BMKG, 2018). Hal ini menunjukkan wilayah Jawa Tengah memiliki potensi resiko bahaya gempabumi sehingga menyebabkan kerusakan struktur bangunan akibat getaran yang ditimbulkannya.

Hal yang berkaitan dengan penelitian ini dijelaskan didalam Al-Qur'an pada surat Al-Ankabut ayat 37 yang berbunyi :

فَكَذَّبُوهُ فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جَاثِمِينَ

Artinya :

“Mereka mendustakannya (Syu'aib), maka mereka ditimpa gempa yang dahsyat, lalu jadilah mereka mayat-mayat yang bergelimpangan di tempat-tempat tinggal mereka”. (Diterjemahkan oleh Yayasan Penyelenggara Penterjemah/Pentafsir Al-Qur'an

Ayat ini menjelaskan sebagaimana halnya kaum Nabi Lut, Umat Nabi Syuaib pun durhaka dan tidak mau menerima nasihat Nabi Syuaib. Mereka malah mendustakannya. Oleh karena itu, berlakulah sunnah Allah. Ketika mereka dengan terang-terangan mendustai Syuaib setelah diberi peringatan berulang-ulang, maka tibalah waktunya Allah mengazab mereka. Bumi tempat kediaman mereka diguncangkan oleh gempa yang menggetarkan dan menghancurkan tanah kediaman mereka. Mereka mati jungkir balik dan ditelan bumi, tanpa bergerak lagi. Cerita lebih lengkap tentang nabi Syuaib telah disebutkan pula oleh Allah dalam ayat - ayat lain yaitu surat Al-a'raf ayat 88 s.d 93 surat Hud ayat 87 sd 94 dan surat Asy-syu'ara ayat 176 s.d 190 (Tafsir Indonesia, DEPAG).

Ayat tersebut berkaitan dengan penelitian ini dimana penelitian ini berupaya untuk meminimalisir dampak bencana alam gempabumi yang mungkin terjadi. Secara garis besar tingkat kerusakan yang terjadi akibat gempabumi bergantung dari konstruksi bangunan, percepatan getaran tanah, dan geologi setempat. Percepatan getaran tanah bergantung pada besar magnitudo gempabumi dan jarak bangunan terhadap sumber gempa, sementara kondisi lokal geologi dan geotektonik bergantung pada karakteristik dinamik tanah atau batuan dimana bangunan itu berdiri atau sering disebut sebagai efek tapak lokal (*site effect*) (Nakamura, 1989).

Efek tapak lokal merupakan bahasan tentang adanya pengaruh kondisi geologi lokal daerah sekitar terhadap getaran tanah yang terjadi akibat gempa bumi sehingga suatu wilayah dengan kondisi geologi yang sama dapat mempunyai respon yang berbeda terhadap efek getaran tanah tergantung pada sifat serta karakteristik penyusun litologi pada formasi tersebut fenomena ini disebut *site effect* atau *site amplification* (Nakamura, 1996 dalam Wibowo, 2018). Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya *local site effect* ketika gempa bumi adalah ketebalan lapisan sedimen pada daerah tersebut. Ketebalan lapisan sedimen juga mempengaruhi amplifikasi pada suatu daerah. Nakamura pada tahun 2000 menyatakan bahwa nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Semakin besar perbandingan kontras impedansi kedua lapisan tersebut maka nilai faktor amplifikasinya juga semakin tinggi. Nilai amplifikasi yang tinggi berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan yang ada disekitarnya. Sehingga informasi mengenai ketebalan lapisan sedimen pada suatu daerah memiliki peran yang penting dalam mitigasi bencana gempa bumi.

Berdasarkan peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo, 1995), secara umum Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah dibentuk oleh Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) yang terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisah. Formasi tersebut tersusun atas material lepas dengan material yang berbutir lempung hingga krakal. Selain itu juga terdapat Formasi Tmok (Formasi Kebobutak) diantaranya terdiri dari

breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit. Menurut data gempabumi signifikan di Jawa Tengah khususnya di Kecamatan Ngluwar belum pernah mengalami kerusakan yang parah saat terjadi gempabumi. Namun, lokasi penelitian ini berada dekat dengan jalur sesar lokal (Sesar Progo) yang belum teridentifikasi keaktifannya sehingga sangat memungkinkan terjadinya gempa yang bersumber dari sesar tersebut (Raharjo, 1995). Untuk itu, penting untuk memperkirakan bahaya seismik yang mungkin terjadi oleh gempabumi untuk mengurangi potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempabumi. Maka salah satu upaya yang perlu dilakukan untuk mengurangi resiko bencana terhadap bahaya gempabumi di Kecamatan Ngluwar adalah memperkirakan bahaya seismik yang mungkin terjadi yaitu mikrozonasi daerah setempat. Melalui penelitian ini masyarakat dapat mempersiapkan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempabumi dan memilih lokasi yang tepat sehingga dapat meminimalisir resiko saat bencana gempabumi terjadi.

Salah satu upaya mitigasi yang dilakukan adalah pengukuran mikrotremor menggunakan metode *HVSR* melalui studi mikroseismik yang merupakan metode geofisika yang banyak berperan dalam berbagai bidang, seperti eksplorasi minyak bumi dan gas bumi, eksplorasi panas bumi, studi kegunung apian, pembelajaran struktur dalam bumi dan kegempaan. Penggunaan studi Mikroseismik ini bertujuan untuk mendeteksi getaran atau pergerakan tanah pada area survei. Getaran atau pergerakan tersebut kemudian akan dijadikan acuan untuk analisis bencana alam yang akan diolah menggunakan metode *HVSR*.

Metode *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) merupakan metode yang dapat digunakan untuk pencegahan bencana gempabumi. Metode ini memanfaatkan getaran mikro tanah yang diperoleh dari hasil pengukuran mikroseismik. Hasil pengukuran mikroseismik dapat digunakan untuk mempelajari efek dari geologi lokal saat terjadi aktivitas seismik (Nakamura, 2000). Berdasarkan pengolahan *HVSR* akan diperoleh nilai frekuensi dominan dan amplifikasi yang mana besaran-besaran tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai indeks kerentanan tanah dan dapat menentukan daerah rawan gempa bumi. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah dan sebaran indikator geologi batuan berdasarkan studi *site effect*.

Analisis data mikrotremor dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio (HVSR)*. Dalam mitigasi bencana gempabumi, analisis mikrotremor dapat memberikan informasi nilai f_0 (frekuensi dominan) pada suatu tempat yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan tahan gempa sedangkan A_0 (amplifikasi) merupakan proses alami yang terjadi pada gelombang seismik yang dilepaskan dari gempabumi yang mengalami penguatan (amplifikasi) berdasarkan kondisi batuan yang menyusun suatu daerah (Destegul, 2004). Peristiwa ini dipengaruhi oleh kondisi geologi lokal atau disebut juga *site effect*. Indeks kerentanan seismik (K_g) yang dapat menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempabumi (Nakamura, 1996). Percepatan Getaran Tanah Maksimum (*PGA*) digunakan untuk mengetahui tingkat bahaya dan resiko pada saat terjadi

gempabumi. Nilai dari parameter indeks kerentanan seismik dan *PGA* batuan dasar (*bedrock*) disebut sebagai nilai *ground shear strain*. Analisis *Ground shear strain* (γ) dilakukan untuk mengetahui kemampuan meregang atau bergeser yang dialami oleh suatu material lapisan tanah ketika terjadi gempabumi di daerah penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi dari nilai frekuensi dominan dan amplifikasi berdasarkan indikator Percepatan Getaran Tanah (*Peak Ground Acceleration, PGA*), Indeks Kerentanan Seismik (*Kg*), *Ground Shear Strain (GSS)* dan Ketebalan lapisan sedimen (*h*) serta akhirnya akan dapat memperkirakan kerentanan tanah yang rawan terhadap bencana gempabumi di sekitar Kecamatan Ngluwar.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi tanah (A_0) di Kecamatan Ngluwar?
2. Bagaimana potensi daerah rawan bencana gempabumi berdasarkan studi tapak lokal dikaji dengan parameter percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration, PGA*), indeks kerentanan seismik (*Kg*), *ground shear strain (GSS)* dan ketebalan lapisan sedimen (*h*) di Kecamatan Ngluwar?

3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang telah dilakukan ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi tanah (A_0) di Kecamatan Ngluwar
2. Mengetahui potensi daerah rawan bencana gempabumi berdasarkan studi tapak lokal dikaji dengan parameter percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration, PGA*), indeks kerentanan seismik (K_g), *ground shear strain (GSS)* dan ketebalan lapisan sedimen (h) di Kecamatan Ngluwar

4. Batasan Penelitian

Dalam pengerjaannya untuk batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Area penelitian adalah kawasan Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah dengan titik koordinat grid UTM adalah X antara 418585,4216 mT sampai 416880 mT dan Y antara 9157482,98 mU sampai 9155669 mU
2. Alat yang digunakan adalah Seismometer tipe *Seismograph portable (TDS-303)* dan olah data menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*

5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat bagi dunia pendidikan

Bertambahnya ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan bencana gempa bumi pada daerah tempat dilakukannya penelitian dan dapat memberikan informasi kepada peneliti lainnya mengenai kajian penelitian yang dilakukan dengan harapan peneliti lain dapat mengembangkan penelitian ini ke arah yang lebih baik.

2. Manfaat bagi pemerintah dan masyarakat

Dapat menambah wawasan masyarakat dan pemerintah dalam hal mempersiapkan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempa bumi sehingga dapat meminimalisir resiko saat bencana gempa bumi terjadi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian “Studi *Site Effect* (Tapak Lokal) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah”, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai amplifikasi dominan (A_0) di Kecamatan Ngluwar
 - a) Nilai frekuensi dominan yang memiliki nilai terendah mempunyai resiko gempabumi tinggi (rawan) terhadap gempabumi. Lokasi penelitian mempunyai nilai frekuensi dominan yang terbagi dalam empat jenis yaitu: Jenis I dengan ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras memiliki nilai frekuensi dominan 10,85 sampai dengan 13,06 berada pada titik Z17R, Z20R, Z31R, dan Z36R. Jenis II dengan ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter memiliki nilai frekuensi dominan 4,08 sampai dengan 9,21 berada pada titik Z5R, Z8R, Z13R, Z19R, Z37R, dan Z40R. Jenis III dengan ketebalan sedimen permukaan termasuk kategori tebal, sekitar 10 – 30 meter memiliki nilai frekuensi dominan 2,51 sampai dengan 3,90 berada pada titik Z9R, Z10R, Z35R, Z38R, dan Z41R dan

sisanya berada pada Jenis IV dengan ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal >30 meter memiliki nilai frekuensi dominan 0,63 sampai dengan 2,19 hz

- b) Nilai Amplifikasi dominan terbagi dalam empat kategori yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Namun pada penelitian ini mayoritas nilai amplifikasi berada pada kategori sedang dengan nilai amplifikasi 3,03 sampai dengan 5,97 sedangkan untuk kategori lain terdapat kategori rendah memiliki nilai amplifikasi 1,79 sampai dengan 2,84 berada pada titik Z14R, Z32R, Z37R, Z38R, dan Z41R. Kategori tinggi dengan nilai amplifikasi 6,18 sampai dengan 8,43 berada pada titik Z2R, Z5R, Z9R, Z12R, Z13R, Z25R, Z31R, Z35R kategori sangat tinggi memiliki nilai amplifikasi 9,42 berada pada titik Z17R
2. Daerah yang berpotensi tinggi (rawan) terhadap bencana gempabumi berdasarkan studi tapak lokal yang dikaji dengan parameter frekuensi dominan (f_0), amplifikasi tanah (A_0), percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration, PGA*), indeks kerentanan seismik (K_g), *ground shear strain (GSS)* dan ketebalan lapisan sedimen (h) terdapat pada hampir seluruh lokasi penelitian di Kecamatan Ngluwar. Resiko kerusakan paling tinggi terhadap bencana gempabumi terdapat pada daerah Banjarharjo. Hal ini disebabkan karena memiliki jarak terdekat dengan sumber gempabumi.

4.2 Saran

Saran yang diberikan pada peneliti selanjutnya yaitu menggunakan konversi nilai V_s agar nilainya lebih valid dan pada proses pengambilan data dilakukan pada daerah-daerah yang jauh dari banyaknya aktifitas di jalan maupun aktifitas warga setempat untuk menghindari tingginya jumlah *noise* yang akan mengurangi tingkat reliable data. Selain itu disarankan juga perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai pemetaan bencana-bencana geologi sebagai penunjang informasi awal kepada masyarakat setempat mengenai mitigasi bencana gempabumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar. 2009. *Seismologi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Al-Jumanatul'Ali. 2004. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. CV Penerbit J-ART Departemen Agama RI. Bandung.
- Arifin, S. 2014. Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempabumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, **Vol 2 No.1**.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2010. *Peta Zonasi Ancaman Gempa Bumi di Indonesia*.
- BMKG. 2018. *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2018*. Pusat gempabumi dan tsunami BMKG. Jakarta.
- Cristanty. 2011. *Slopes Stability Analysis Based on Microzonation in Bumiaji District, Batu Malang*. Final Project Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Daryono dan Bambang. 2009. *Data Mikrotremor dan Pemanfaatannya untuk Pengkajian Bahaya Gempabumi*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Yogyakarta.
- Daryono. 2010. *Zona rawan "Local Site Effect" Gempabumi di Yogyakarta*. BMKG. Yogyakarta.
- Destegul, U., 2004. *Sensitivity Analysis of Soil Site Response Modelling in Seismic Microzonation for Lalitpur Nepal*. Enschede. Netherlands

- Edwiza, D. dan Sri, N. 2008. Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai. Padang: *Repository Universitas Andalas*, **Vol. 2 No. 29 April 2008**: 0854-8471.
- Ettwein, V, dan Maslin, M. 2011. *Physical Geography: Fundamentals Of The Physical Environment*. University of London International Programmes. London.
- Fukushima, Y. dan Tanaka, T. 1990. A New Attenuation Relation of Peak Horizontal Acceleration of Strong Motion in Japan. *Seismological Society of America Bulletin. Japan*, **Vol. 80 No.4 1990** : 757-783.
- Fulki, A. 2011. *Analisis Parameter Gempa, b Value dan PGA di Daerah Papua*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Gazali, I. dan Singgih, P. 2017. Estimasi Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Berdasarkan Inversi Mikrotremor Spectrum Horizontal to Vertikal Spectral Ratio (HVSR) Studi Kasus : Tanah Longsor Desa Olak-Alen, Blitar. *Jurnal Teknik ITS*, **Vol. 6 No. 2 2017**: 2337-3520.
- Hartati, L. 2014. *Pemetaan Tingkat Resiko Gempabumi Daerah Liwa dan Sekitarnya Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. Thesis. UGM, Yogyakarta.
- Hasmar, H. 2013. *Dinamika Tanah dan Rekayasa Kegempaan*. UII Press. Yogyakarta.
- Herak, M. 2008. "Model HVSR: a Matlab tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise". *Computers and Geosciences*, **Vol. 34**: 1514–1526.
- Herawati. 2014. *Mikrozonasi Multidisaster Daerah Sekitar Waduk Sermo Berbasis Analisis Keputusan Multikriteria Simple Additive Weight (SAW) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.

- Hilman S. 2006. *Pemodelan Top basement dan Diskontinuitas Moho Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya Berdasarkan Waktu Tempuh dan Sudut Datang Gelombang P Menggunakan Sumber Gempa dari Arah Tenggara*. (Tugas Akhir), Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Ibrahim, Gunawan, dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Kertapati, E. K. 2004. *Aktivitas Gempabumi di Indonesia: Perspektif Regional pada Karakteristik Gempabumi Merusak, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*. Pusat Survei Geologi. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Laberta, S., Wibowo, N. G., dan Darmawan, D. 2013. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik berdasarkan Analisis Mikrotremor di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Prosiding Seminar Nasional UNY. Yogyakarta
- Lermo, J dan F. Chaves. G., 1993. Site Effect Evaluation Using Spectral Ratios with Only One Station. *America: Bulletin of Seismological Society of America*, **Vol. 83 No. 5 1993**.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge University Press. New York.
- Marjiyono. 2010. Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung. Thesis. ITB. Bandung.
- Mirzaoglu, M, dan Dykmen, U. 2003. Application of Microtremors to Seismic Microzoning Procedure. *Jornal of the Balkan Geophysical Society*, **Vol. 6 No. 3 2003** : 143–156.
- Mufida, A., Santosa, B.J., dan Warnana, D.D. 2013. Profiling Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Surabaya Berdasarkan Pengolahan data Mikrotremor. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Surabaya.

- Nakamura, Y. 1989. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. *Japan : Quarterly Report of RTRI, Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30 No. 1 1989.*
- Nakamura, Y. 1996. Real Time Information Systems for Seismic Hazards Mitigation. *Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports, Vol. 37 No. 3 1996 : 112-127.*
- Nakamura, Y. 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and its Applications.* In: Proceedings of 12th Wordl Conference on Earthquake Engineering, New Zealand.
- Nakamura, Y. 2008. *On The H/V Spectrum.* Beijing : The 14 th Word Conference on Earthquake Engineering.
- Naqvi, S. A. H. 2015. *Identifying Regions with High Liquefaction Potential Close To Large Populations in Europe.* UCL Department of Civil, Enviromental and Geomatic Engineering. London.
- Okada, H. 2004. *The microtremor survey method.* United State of America: Society of Exploration Geophysicist.
- Prastowo, D. A. 2015. *Klasifikasi Tapak Lokal Berdasarkan Data Mikrotremor Menggunakan Metode HVSR Di Daerah Epitermal Borobudur Kabupaten Magelang.* Tugas Akhir. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Raharjo. W, Sukandar. R, dan Rosidi H. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung
- Refrizon. 2015. Studi Site Effect dengan indikator percepatan getaran tanah maksimum, Indeks kerentanan seismik, ground shear strain dan ketebalan lapisan sedimen di Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu. *Jurnal Gradien, Vol. 11 No. 2 Juli 2015 : 1122-1127.*

- Riyanto, S., Purwanto, A., dan Supardi. 2009. *Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) Decimation In Time (DIT) Dengan Resolusi 1/10 Hertz*. Prosiding seminar nasional penelitian, pendidikan, dan penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Rosita D. 2013. *Analisis Ground Shear Strain di Wilayah Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- SESAME. 2004. *European research project WP12: Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: measurements, processing and interpretation*
- Setiawan, J. H. 2009. *Mikrozonasi Seismisitas Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya*. Tesis, Magister Teknik Geodesi dan Geomatik. ITB.
- Shiddieqy, H. A. 1973. *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur Jilid Kesepuluh*. Bulan Bintang. Jakarta
- Sugianto, N., Farid, M., dan Suhendra. 2017. Kondisi Geologi Lokal Kota Bengkulu Berdasarkan Ground Shear Strain (GSS). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **Vol. 2 No. 1 April 2017** : 3394-3392
- Sutrisno, W. T. 2014. *Profilling Persebaran Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Menggunakan Inversi Mikrotremor Spectrum Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*. (Tugas Akhir). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Susilawati. 2008. *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian dalam Bumi*. Universitas Sumatra Utara. Sumatra Utara.
- Thoha , A. 2015. *Pemodelan Bahaya Seismik Berdasarkan Variabel Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Frekuensi Predominan dan Faktor Amplifikasi dengan menggunakan simple additive weight (SAW) berdasarkan mikrotremor studi kasus kampus timur UIN SUNAN KALIJAGA*

YOGYAKARTA. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.

Thomson W. 1863. On the secular cooling of the earth. *Philosophical Magazine*, **Vol. 25 No. 4**: 1–14. doi:10.1080/14786435908238225.

USGS. Global Vs30 Map Server. <http://earthquake.usgs.gov/hazards/apps/vs30/>.
Diakses: 18 September 2016.

Widodo. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

Wibowo, N. B., Juwita, N. S., dan Deny, D. 2018. Intepretasi Lapisan Sedimen berdasarkan Ground Profile Vs dengan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Pacitan. *Indonesian Journal of Applied Physics*, **Vol. 8 No. 1 April 2018** : 32-42.