

**ANALISIS INDEKS BAHAYA GEMPA BUMI
BERDASARKAN *PGA* PERMUKAAN DI
KECAMATAN SANDEN KABUPATEN BANTUL D.I.
YOGYAKARTA**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S-1
Program studi fisika



Diajukan oleh :

Umar

16620034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
PROGRAM STUDI FISIKA
YOGYAKARTA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2020

**ANALISIS INDEKS BAHAYA GEMPA BUMI BERDASARKAN *PGA*
PERMUKAAN DI KECAMATAN SANDEN KABUPATEN BANTUL D.I.
YOGYAKARTA**

**UMAR
16620034**

INTISARI

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh fenomena gempa bumi yang pernah terjadi di daerah Yogyakarta akibat gempa 2006. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indeks bahaya gempa bumi berdasarkan metode yang dikembangkan oleh BNPB dan JICA dengan membuat peta persebaran rawan bahaya gempa bumi yang dikorelasikan dengan peta pemukiman. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Sanden di selatan Kabupaten Bantul. Metode BNPB dan JICA memanfaatkan empat parameter utama yaitu kecepatan gelombang geser di kedalaman 30 meter (V_{s30}), *Ground Amplification Factor (GAF)*, percepatan getaran tanah batuan dasar (PGA_{SB}) dan percepatan getaran tanah permukaan (PGA). V_{s30} diperoleh dari metode inversi menggunakan data pengukuran mikrotremor, nilai V_{s30} tersebut di konversi menjadi nilai GAF menggunakan rumusan Midorikawa dkk (1994), untuk PGA_{SB} diperoleh dari situs PUSKIM, berdasarkan panduan pemetaan indeks bahaya gempa bumi nilai V_{s30} dan PGA_{SB} yang di peroleh jika dikalikan maka akan mendapatkan nilai PGA permukaan kemudian nilai PGA permukaan tersebut di reklasifikasi jenis kelasnya berdasarkan metode BNPB dan JICA . Hasil penelitian menunjukan bahwa nilai V_{s30} berkisar 154,66 m/s s.d 260,80 m/s, nilai GAF berkisar 1,64 g s.d 2,09 g, nilai PGA_{SB} berkisar 0,52 g s.d 0,67 g, dan nilai PGA permukaan berkisar 0,87 s.d 1,32 g. Indeks bahaya gempa bumi meliputi seluruh Kecamatan Sanden dengan nilai indeks 1 dan persebaran pemukiman rawan terhadap bahaya gempa bumi tertinggi berada di seluruh daerah penelitian.

Kata Kunci : Mikrotremor, V_{s30} , GAF , percepatan getaran tanah (PGA) permukaan, PGA_{SB} , gempa bumi.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**ANALYSIS OF EARTHQUAKE HAZARD INDEX BASED ON SURFACE PGA IN
SANDEN SUB-DISTRICT, BANTUL DISTRICT, YOGYAKARTA SPECIAL REGION**

UMAR

16620034

ABSTRACT

This research is motivated by the earthquake phenomena that have occurred in the Yogyakarta area due to the 2006 earthquake. This study aims to determine the earthquake hazard index based on the method developed by BNPB and JICA by making earthquake hazard distribution maps correlated with settlement maps. This research was conducted in Sanden District in the south of Bantul Regency. The BNPB and JICA methods utilize four main parameters, namely shear wave velocity at a depth of 30 meters (V_{s30}), Ground Amplification Factor (GAF), accelerated ground rock vibration (PGASB) and acceleration of surface ground vibration (PGA). V_{s30} is obtained from the inversion method using microtremor measurement data, the V_{s30} value is converted into a GAF value using the formula Midorikawa et al (1994), for PGASB it is obtained from the PUSKIM website, based on the earthquake hazard index mapping guide the V_{s30} and PGASB values obtained if multiplied then will get the surface PGA value then the surface PGA value is reclassified by the type of class based on the BNPB and JICA methods. The results showed that the value of V_{s30} ranged from 154.66 m / s to 260.80 m / s, GAF values ranged from 1.64 g to 2.09 g, PGASB values ranged from 0.52 g to 0.67 g, and PGA values surface ranges from 0.87 to 1.32 g. The earthquake hazard index covers the entire Sanden District with an index value of 1 and the highest distribution of settlements prone to earthquake hazards is in the entire study area.

Keywords: *Microtremor, V_{s30} , GAF, surface ground vibration acceleration (PGA), PGASB, earthquake.*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Umar
NIM : 16620034
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "ANALISIS INDEKS BAHAYA GEMPA BUMI BERDASARKAN *PGA* PERMUKAAN DI KECAMATAN SANDEN KABUPATEN BANTUL D.I. YOGYAKARTA" 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 diaacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 30 November 2020

Penulis



Umar
NIM. 16620034



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 : UMAR

NIM : 16620034

Judul Skripsi : ANALISI INDEKS BAHAYA GEMPA BUMI BERDASARKAN *PGA* PERMUKAAN
DI KECAMATAN SANDEN KABUPATEN BANTUL D.I. YOGYAKARTA

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, 30 November 2020

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Nugroho Budi Wibowo, M.Si.
NIP. 00000000 111162 1 305



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2887/Un.02/DST/PP.00.9/12/2020

Tugas Akhir dengan judul : ANALISIS INDEKS BAHAYA GEMPA BUMI BERDASARKAN PGA PERMUKAAN DI KECAMATAN SANDEN KABUPATEN BANTUL D.I. YOGYAKARTA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : UMAR
Nomor Induk Mahasiswa : 16620034
Telah diujikan pada : Kamis, 17 Desember 2020
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 5fe16acb9cad8



Penguji I

Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 5fea83b5a2254



Penguji II

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 5fe193a805fbf



Yogyakarta, 17 Desember 2020
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 5feafe7ada238

MOTTO

**“Semua jalan akan terbuka lebar kalau kita berusaha,
pastikan berada di jalan yang benar”**

**“Seharusnya kamu belajar berjalan dulu nak, baru bisa
berlari”**

**“Diam tidak akan menyelesaikan masalah, tapi diam juga tak
akan menimbulkan masalah”**

“Hidup memang tidak adil, jadi biasakanlah dirimu”

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT

Sepucuk karya sederhana ini penulis persembahkan kepada orang-orang terkasih.

Kedua orang tua saya Bapak KARSIWAN Ibu RODAH.

Kakak saya SLAMET SAEFUDIN dan Kembaran saya AMIR serta teman setia
saya.....

Teman-teman seperjuangan dan senasib yang menganggur selama menjalani
skripsi.

Teman se-Almamater UIN dan se-Almamater Fisika yang saya banggakan.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir dapat terselesaikan dengan baik. Alhamdulillah penulis telah berhasil menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul **“ANALISIS INDEKS BAHAYA GEMPA BUMI BERDASARKAN *PGA* PERMUKAAN DI KECAMATAN SANDEN KABUPATEN BANTUL D.I. YOGYAKARTA”**. Laporan ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana strata-1. Penulisan laporan ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Kariswan dan Ibu Rodah selaku orang tua yang selalu memberikan doa dan semangat dalam setiap langkah.
2. Bapak Dr. Phil. Sahiron, M.A. selaku Plt. Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Hj. Khurul Wardati M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Anis Yuniati S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si. dan bapak Nugroho Budi Wibowo, M.Si. selaku pembimbing yang selalu sabar membimbing,

mengoreksi, membagikan ilmunya, memberikan motivasi, dorongan dan memberikan semangat kepada penulis.

6. Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta., yang telah memberikan bimbingan beserta ilmunya.
7. Teman setia yang menerima keluh kesahku setiap hari yang selalu memberikan solusi terbaiknya dan menghilangkan rasa putus-putus.
8. Teman-teman Geofisika dan Fisika 2016 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, kalian luar biasa.
9. Semua pihak yang tidak bisa di sebutkan satu persatu yang sudah membantu, mendoakan dan menyemangati hingga laporan ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu diharapkan masukan dan kritik dari banyak pihak demi penulisan yang lebih baik lagi dan semoga laporan ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi yang membacanya.

Wassalamualaikum warakhmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 17 Desember 2020

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

INTISARI	ii
ABSTRACT	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	v
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian	10
1.4 Batasan Penelitian	10
1.5 Manfaat Penelitian	10
BAB II DASAR TEORI	12
2.1 Studi Pustaka	12
2.2 Dasar Teori	13
2.2.1 Gempa bumi	13
2.2.2 Gelombang Seismik	15
2.2.3 Mikrotremor dan Metode <i>HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)</i>	22
2.2.4 Transformasi Fourier	27
2.2.5 Frekuensi Predominan	31
2.2.6 Faktor Amplifikasi	32
2.2.7 Peta Indeks Resiko Bahaya Gempa bumi dalam Resiko Bencana Indonesia Oleh BNPB	33
2.2.8 <i>Vs30</i> Metode Inversi	34
2.2.9 PGA Batuan Dasar Metode Probabilistik Seismic Hazard Analysis (PSHA)	38
2.2.10 <i>Ground Amplification Factor (GAF)</i>	40
2.2.11 Distribusi Intensitas Getaran di Permukaan dan pengkelasan	41

2.2.12 Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	42
2.2.13 Pengertian Musibah Dalam Perspektif Islam.....	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	46
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	46
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	46
3.2.1 Alat Penelitian.....	46
3.2.2 Bahan Penelitian	47
3.3 Prosedur Kerja	47
3.3.1 Studi Awal	49
3.3.2 Desain Survei.....	49
3.3.3 Akuisisi Data.....	50
3.3.4 Pengolahan Data pada <i>Software</i> Geopsy.....	51
3.3.5 Pengolahan Data	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Hasil.....	56
4.1.1 Lokasi Penelitian.....	56
4.1.2 Pengolahan data	57
4.1.3 Peta Hasil Penelitian	58
4.2 Pembahasan.....	61
4.2.1 Frekuensi Predominan.....	61
4.2.2 Faktor Amplifikasi	62
4.2.3 <i>Peak Ground Amplification (PGA)</i> Batuan Dasar	64
4.2.4 Kecepatan gelombang geser (V_{s30}).....	66
4.2.5 <i>Ground Amplification Factor (GAF)</i>	69
4.2.6 <i>Peak Ground Amplification (PGA)</i> Permukaan).....	70
4.2.7 Persebaran Peta Rawan Bencana Gempa Bumi Kecamatan Sanden	71
4.3 Integrasi Interkoneksi.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta persebaran lempeng tektonik di Indonesia (Hochstein dan Sudarman 2008)	3
Gambar 1.2 Pusat gempa bumi D.I. Yogyakarta 26 Mei 2006 (bmkg, 2020)	4
Gambar 1.3 Peta resiko bencana gempa bumi (BNPB, 2015)	5
Gambar 2.1 komponen gaya-gaya pada medium berbentuk kubus (Telford, 2004)	15
Gambar 2.2 Gelombang Primer (Aster, 2011)	19
Gambar 2.3 Gelombang Sekunder (Aster, 2011)	20
Gambar 2.4 Gelombang <i>Love</i>	21
Gambar 2.5 Gelombang <i>Reyleigh</i>	22
Gambar 2.6 Model Cekungan yang Berisi Material Sedimen Halus (Slob 2007 dalam Labertta 2013)	24
Gambar 2.7 Prinsip dasar respon lokasi mikrotremor (Syahrudin dkk, 2014)	34
Gambar 2.8 Peta geologi dan titik penelitian	43
Gambar 3.1 Diagram tahapan Penelitian	48
Gambar 4.1 Peta Persebaran Nilai <i>Peak Ground Amplification</i> <i>PGA</i> Batuan Dasar Kecamatan Sanden	59
Gambar 4.2 Peta Persebaran Nilai Kecepatan gelombang geser (<i>V_{s30}</i>) Kecamatan Sanden	60
Gambar 4.3 Peta Persebaran Nilai <i>Ground Amplification Factor</i> (<i>GAF</i>) Kecamatan Sanden	60
Gambar 4.4 Peta Persebaran Nilai <i>PGA</i> permukaan Kecamatan Sanden	61

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Metode-metode yang di gunakan untuk penentuan bahaya gempa bumi	13
Tabel 2.1 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai	39
Tabel 2.2 Zonasi Nilai Amplifikasi (Arifin dkk, 2013)	40
Tabel 2.3 Harga Poisson ratio dari batuan sedimen (Ostander, 1984)	43
Tabel 2.4 Nilai variasi densitas batuan (Telford et al., 1990)	44
Tabel 2.5 Data nilai V_s pada beberapa jenis batuan (Daryono, 2011)	45
Tabel 2.6 Klasifikasi site berdasarkan nilai V_s hasil penyelidikan tanah dan laboratorium (Badan Standarisasi Nasional, 2012)	45
Tabel 2.7 Hasil pengkelasan nilai intensitas getaran di permukaan (BNPB, 2016)	48
Tabel 2.8 Pengkelasan berdasarkan skor 0 s.d 1 dari nilai PGA permukaan berdasarkan Perka No. 2/2012	49
Tabel 3.1 Perangkat keras yang di gunakan	53
Table 3.2 Perangkat lunak yang digunakan	54
Table 3.3 Syarat pengukuran mikrotremor (SESAME, 2004)	58
Tabel 4.1 Data hasil perhitungan	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel 1 Pengolahan Data.....	81
Lampiran 2 Hasil pengolahan data mikrotremor menggunakan metode <i>HVSR</i>	83
Lampiran 3 Pengolahan data f_0 dan A_0 di <i>Software Geopsy</i>	90
Lampiran 4 Tabel. 2 Pengolahan V_s30 menggunakan <i>software dinver</i>	92
Lampiran 5 Analisa kurva H/V dengan menggunakan model <i>ellipticity curve</i> melalui software <i>dinver</i>	98
Lampiran 6 Pengolahan data sekunder PGA didapat dari PUSKIM	101
Lampiran 7 Membuat mikrozonasi dengan software <i>surfer 12</i>	103
Lampiran 8 Dokumentasi pengambilan data	107
Lampiran 9 Metode penelitian	108
Lampiran 10 Hasil dan penelitian	110
Lampiran 11 Kondisi lapangan di daerah penelitian	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam merupakan suatu rangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, bersifat mengganggu dan mengancam keberlangsungan hidup manusia. Bencana alam dapat dikatakan merupakan sebuah musibah dimana kejadiannya tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi dan bagaimana dampak yang akan ditimbulkannya. Menurut *Kamus Besar Bahasa Indonesia* musibah dapat diartikan dengan ; (1) kejadian (peristiwa) menyedihkan yang menimpa; (2) malapetaka; bencana (Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa, 1988). Musibah disebutkan dalam Alquran sebanyak 10 kali (Muhammad Fu'ad Abd, al-Baqi, 1992), salah satunya seperti yang di jelaskan dalam Al Quran surat At Taghabun Ayat 11 :

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ إِلَّا بِإِذْنِ اللَّهِ وَمَنْ يُؤْمِنْ بِاللَّهِ يَهْدِ اللَّهُ قَلْبَهُ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ (١١)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Artinya : Tidak ada sesuatu musibahpun yang menimpa seseorang kecuali dengan izin Allah; Dan barangsiapa yang beriman kepada Allah, niscaya Dia akan memberi petunjuk kepada hatinya. Dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu (QS. At Taghabun: 11)

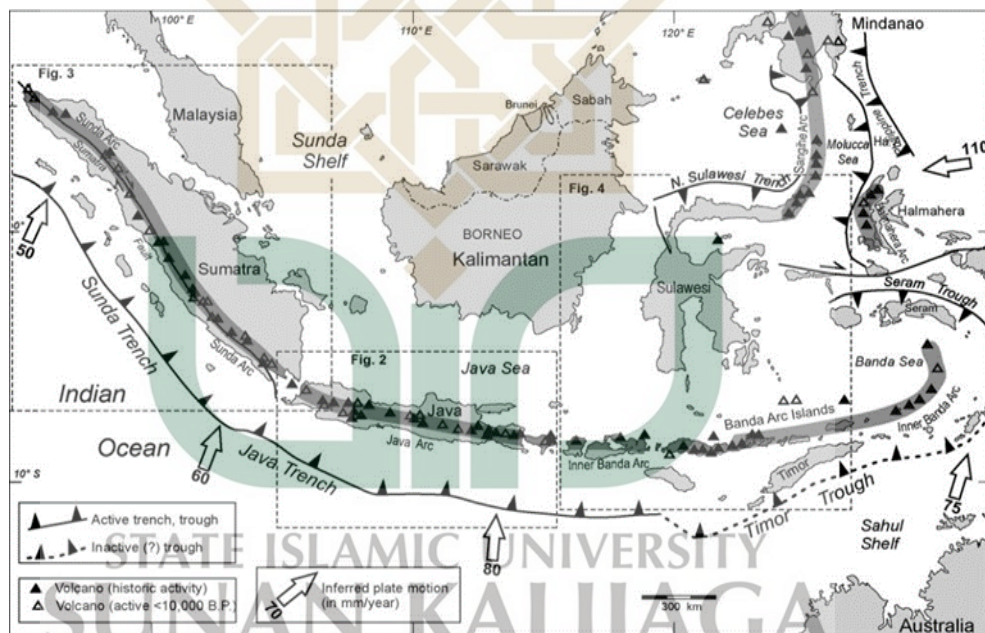
Manusia sebagai makhluk yang diciptakan dengan akal dan pikiran paling sempurna hendaknya berfikir dan merenungi tanda-tanda kebesaran Allah SWT sebagai bentuk ketaqwaan kepada sang pencipta. Gempa bumi

merupakan suatu fenomena alam yang menyebabkan kerugian bagi manusia. Bencana gempa bumi adalah sarana bagi manusia sebagai ujian untuk meningkatkan ketaqwaan terhadap Allah SWT, manusia diciptakan memiliki akal dan iman, sehingga musibah sebesar apapun hendaknya dikembalikan kepada yang maha kuasa.

Penyebab terjadinya gempa bumi jika ditinjau dari segi sains merupakan fenomena alam yang terjadi secara alamiah di wilayah rawan gempa bumi seperti zona pertemuan lempeng tektonik dan terletak dekat dengan patahan aktif. Indonesia merupakan negara yang terletak di zona pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia yaitu lempeng India-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik seperti pada Gambar 1.1. Salah satu daerah yang rawan akan gempa bumi terdapat di daerah pesisir selatan pulau jawa seperti D.I. Yogyakarta yang merupakan bagian dari jalur gempa bumi yang terbentang dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali hingga Nusa Tenggara yang termasuk pada zona subduksi lempeng Indo-Australia-Eurasia. Pertemuan dua lempeng ini menyebabkan wilayah ini sangat rentan terhadap gempa bumi (Daryono, 2009).

Tingginya aktivitas kegempaan juga terlihat dari hasil pencatatan dalam rentang waktu 1900 s.d 2009 terdapat lebih dari 8.000 kejadian gempa bumi utama dengan magnitudo $M > 5,0$ (BNPB, 2016). Proses terjadinya gempa bumi sangat sulit untuk diamati secara langsung, sebab melibatkan interaksi yang sangat kompleks antara materi dan energi yang terdapat pada sistem sesar aktif di bawah permukaan bumi sehingga proses ini juga sangat sulit untuk

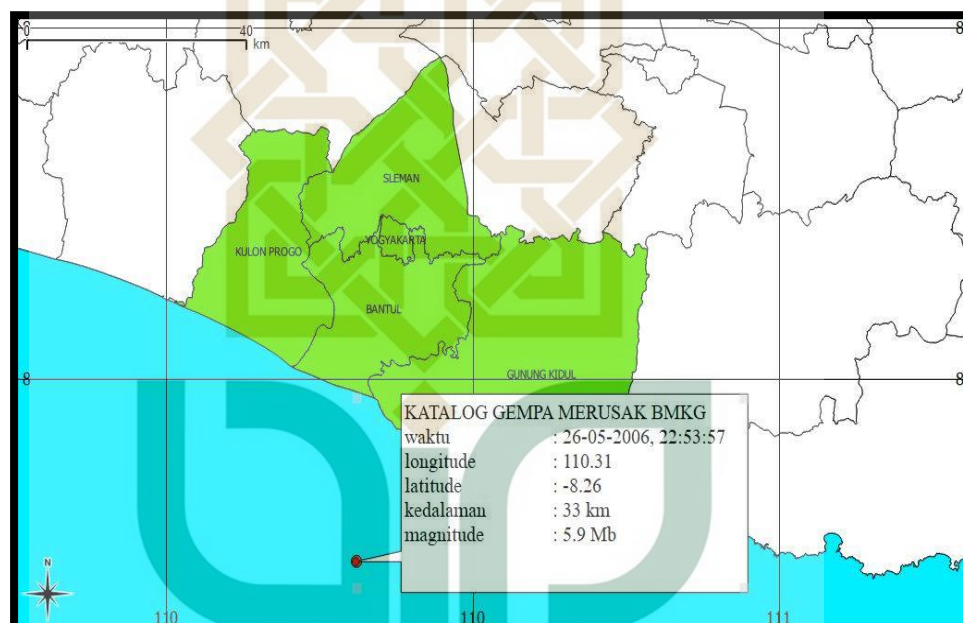
diprediksi. Pada wilayah tertentu, aktivitas kegempaan dapat diam selama ratusan atau bahkan ribuan tahun, namun tiba-tiba terjadi dengan melepaskan energi besar yang dapat merusak lingkungan alami maupun buatan. Proses gempa bumi melibatkan proses fisika yang tidak biasa tentang bagaimana materi dan energi berinteraksi selama kondisi ekstrim dari pecahnya batuan atau lempeng bumi. Selama ini belum ada teori yang dapat digunakan untuk menggambarkan dengan jelas terkait dengan pecahnya batuan dan pembangkit energi gempa bumi.



Gambar 1.1 Peta persebaran lempeng tektonik di Indonesia (Hochstein dan Sudarman, 2008)

Gempa bumi belum dapat diprediksi lokasi, waktu, dan besarnya dengan baik. Bahkan di daerah-daerah di mana kita tahu bahwa gempa bumi besar suatu saat akan terjadi, dampaknya tetap masih sulit untuk diantisipasi. Terkait dengan upaya untuk mengurangi risiko bencana gempa bumi di Indonesia, langkah pertama yang terpenting untuk dilakukan adalah melakukan pemetaan risiko bencana gempa bumi di seluruh wilayah di Indonesia. Peta ini diperlukan

untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah dengan risiko gempa bumi yang tinggi sehingga antisipasi untuk mengurangi dampak bencana yang mungkin timbul di wilayah-wilayah tersebut dapat dilakukan sedini mungkin. Dengan demikian, jelas bahwa penelitian dasar dalam fisika gempa bumi perlu terus didorong untuk meningkatkan pemahaman praktis tentang bahaya gempa bumi (BNPb, 2016).

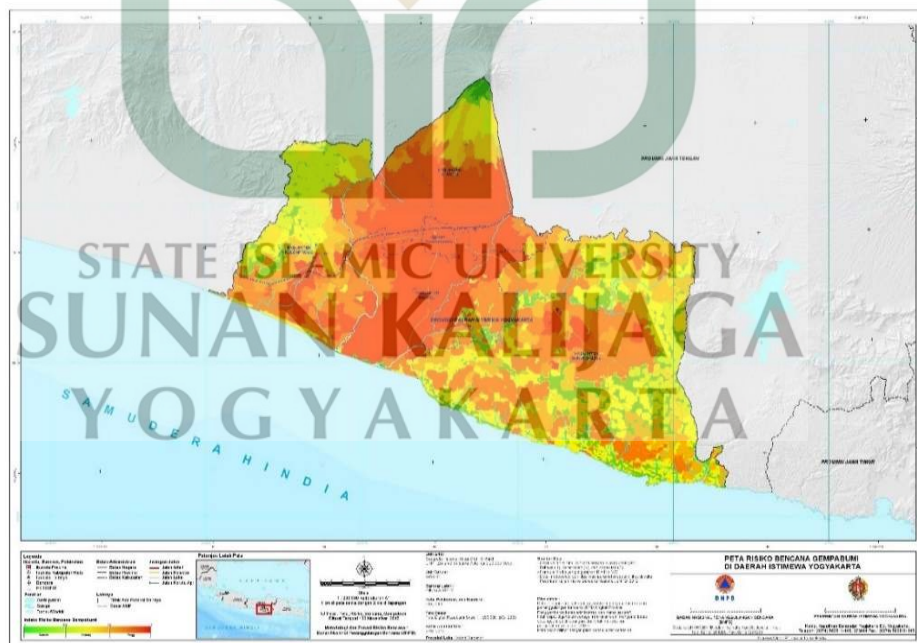


Gambar 1.2 Pusat gempa bumi D.I. Yogyakarta 26 Mei 2006 (BMKG, 2020)

Menurut data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) bahwa pada 20 tahun terakhir terjadi beberapa peristiwa gempa bumi tektonik yang melanda daerah pesisir selatan Pulau Jawa. Diantaranya gempa bumi D.I. Yogyakarta pada tanggal 26 Mei 2006. Gempa bumi dengan kekuatan 5,9 Mb dengan latitude $-8,26^{\circ}$ dan longitude $110,31^{\circ}$ (Bmkg, 2018) seperti pada Gambar 1.2. Gempa bumi ini menewaskan 5.700 jiwa, mencederai lebih dari 40.000 sampai 60.000 orang, dan menghancurkan ratusan ribu rumah dan mata pencaharian mereka (BAPPENAS, 2006). Gempa bumi itu

berdampak langsung terhadap seluruh Kecamatan di Bantul serta beberapa wilayah di Kabupaten Gunungkidul, Kulon Progo, Sleman, D.I. Yogyakarta dan sebagian Provinsi Jawa Tengah.

Wilayah D.I. Yogyakarta merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana gempa bumi dalam peta resiko bencana gempa bumi yang di publikasikan oleh BNPB dalam <http://inarisk.bnppb.go.id> yang di akses pada tanggal 18 Maret 2020 dan di publikasikan oleh BNPB pada tahun 2018 seperti pada gambar 1.3. Pada peta tersebut terdapat tiga zona yaitu hijau, kuning dan merah dengan zona hijau merupakan zona dengan resiko rendah, kuning merupakan zona dengan resiko sedang, dan merah merupakan zona dengan resiko tinggi. Hampir seluruh wilayah Yogyakarta didominasi oleh wilayah dengan zona resiko sedang sampai tinggi.



Gambar 1.3 Peta resiko bencana gempa bumi (BNPB, 2018)

Salah satu wilayah pesisir selatan pulau jawa yaitu Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul D.I. Yogyakarta ikut terkena dampak dari gempa bumi Jogja

tahun 2006. Gempa bumi tersebut mengakibatkan 97 rumah rusak total, 2.052 rusak berat, 4065 rusak ringan di Kecamatan Sanden (Raharjo dkk, 2006). Banyaknya kerusakan yang terjadi oleh gempa bumi diakibatkan oleh kurangnya informasi khususnya data spasial mengenai kondisi wilayah yang berpotensi atau terkena dampak gempa bumi. Seperti yang terjadi pada Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul. Daerah tersebut belum memiliki informasi khusus data spasial mengenai kondisi wilayah yang berpotensi atau terkena dampak gempa bumi yang dapat memperparah kerugian yang akan ditimbulkan ke depannya. Untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang pemetaan daerah rawan bencana gempabumi. Dalam menentukan peta bahaya gempa bumi terdapat beberapa metode seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Metode-metode yang digunakan untuk penentuan bahaya gempa bumi

Metode	Parameter	Hasil
<i>Ground Shear Strain</i> (γ)	-Amplitudo dominan -Frekuensi dominan -Magnitudo Gempa bumi -Indeks kerentanan seismic (Kg) - <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA)	Nilai GSS mempengaruhi kemungkinan suatu wilayah mengalami kerusakan saat terjadi gempa bumi, karena pengertian GSS sendiri adalah kemampuan suatu material untuk menggeser atau meregang pada saat terjadi gempa bumi. Dimana semakin besar nilai GSS maka akan semakin besar pula kemungkinan kerusakan suatu wilayah pada saat gempa bumi begitu pua sebaliknya.
PERMEN PU No 21 tahun 2007	-Tipologi kawasan A s.d F -Tingkat resiko gempa bumi -Informasi geologi (sifat fisik batuan, kemiringan lereng, kegempaan, struktur geologi) -penilaian kestabilan	Penentuan tingkat resiko suatu wilayah terhadap resiko bencana gempa bumi di pengaruhi oleh parameter geologi, untuk setiap parameter memiliki nilai skor, dari keseluruhan nilai skor di lakukan pembobotan, klasifikasi nilai kemampuan dan skoring. Selanjutnya skor yang diperoleh di tentukan jenis tipologi kawasan dari A s.d F, sehingga hasil yang diperoleh berupa kestabilan wilayah terhadap resiko gempa bumi

Tabel 1.1 (Lanjutan)

Metode	Parameter	Hasil
Resiko Bencana Indonesia oleh BNPB	- $Vs30$ - <i>Ground Amplification Factor (GAF)</i> (Midorikawa <i>et al</i> , 1994) - <i>Peak Ground Amplification</i> atau <i>PGA</i> permukaan	Penentuan peta potensi bahaya gempa bumi di pengaruhi oleh ecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter atau $Vs30$ yang diperoleh dari pengukuran mikrotremor, selanjutnya di lakukan perhitungan <i>Ground Amplification Factor (GAF)</i> menggunakan nilai $Vs30$ (Midorikawa <i>et al</i> , 1994), hasil nilai <i>GAF</i> ini berperan dalam menentukan tinggi rendahnya nilai intensitas getaran di permukaan. Nilai <i>GAF</i> kemudian di gabungkan dengan nilai <i>PGA</i> di batuan dasar untuk mengetahui persebaran potensi bahaya gempa bumi..

Penelitian ini menggunakan metode yang dikembangkan oleh BNPB dan JICA dalam Resiko Bencana Indonesia (RBI) oleh BNPB. Nilai intensitas dan parameter lainnya seperti *PGA* batuan dasar, $Vs30$ dan *Ground Amplification Factor (GAF)* diperlukan sebagai data kajian spasial. Nilai intensitas getaran di permukaan sendiri merupakan faktor utama dalam pembuatan peta zona rawan bencana gempa bumi. Pemetaan nilai intensitas getaran di permukaan diperlukan sebagai referensi upaya mitigasi. Hal ini akan mendukung dalam pengambilan keputusan terkait kondisi masyarakat yang berada di daerah rawan bencana untuk dapat memperkirakan resiko yang muncul akibat bencana, sehingga kerugian dapat diminimalisir sertaantisipasi dan kesiapan dalam menghadapi bencana dapat ditingkatkan.

Pemetaan daerah yang rawan terhadap bahaya bencana gempa bumi dilakukan sebagai upaya mitigasi sehingga perlu kajian daya dukung terhadap usulan penelitian. Oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai $Vs30$, $Vs30$

adalah nilai rata-rata kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter dari permukaan yang di peroleh dari inversi *HVSR*. Menurut Roser dan Gosar (2010) dalam Nurrahmi dkk (2015) nilai *Vs30* ini dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempa bumi akibat efek lokal serta digunakan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa bumi. *Vs30* merupakan data yang penting dan paling banyak digunakan dalam geofisika untuk menentukan karakteristik struktur bawah permukaan hingga kedalaman 30 meter dalam Nurrahmi dkk. (2015) hanya lapisan lapisan batuan sampai kedalaman 30 meter saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa bumi. Sedangkan *GAF* merupakan pengaruh lokal dalam distribusi intensitas getaran, tergantung dari karakteristik bawah tanah, amplitude gelombang gempa bumi bertambah secara signifikan dalam perjalanannya menuju permukaan, rasio amplitude di permukaan dan di batuan dasar didefinisikan sebagai “*Ground Amplification Factor*” (BNPB, 2016). Nilai *PGA* yang digunakan dalam pembuatan peta persebaran daerah rawan bencana gempa bumi adalah percepatan getaran tanah yang berada di batuan dasar di ambil dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman (PUSKIM). Nilai dari parameter *GAF* dan *PGA* maka diperoleh intensitas getaran di permukaan. Untuk mendapatkan hasil sebagai upaya mitigasi bencana yang lebih spesifik, dilakukan langkah reklasifikasi terhadap nilai intensitas getaran di permukaan suatu wilayah terhadap gempa bumi berdasarkan metodologi yang telah dikembangkan oleh *JICA* (2015). Hasil yang diperoleh dibuat dalam bentuk zonasi atau pemetaan suatu daerah rawan

terhadap gempa bumi yang dikorelasikan dengan persebaran lokasi pemukiman di Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul D.I. Yogyakarta. Penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh K. Sumardani dan W. Riskyana (2019) dalam jurnal *Dialog Penanggulangan Bencana* tentang “Kajian Resiko Bencana Gempa bumi di Kabupaten Cianjur” Pemetaan wilayah di ketahui berdasarkan nilai intensitas getaran di batuan dasar dan *ground amplification factor (GAF)* serta analisis kerentanan dilakukan dengan menggabungkan komponen fisik, ekonomi dan sosial.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai *PGA* batuan dasar, V_s30 dan *Ground Amplification Factor* di Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul berdasarkan metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015)?
2. Berapakah nilai *PGA* permukaan dan nilai indeks bahaya gempabumi berdasarkan metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015) di Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul?
3. Bagaimana zona persebaran daerah rawan bahaya gempa bumi yang di korelasi dengan pemukiman penduduk di buat dengan mengacu pada metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015) berdasarkan analisa intensitas guncangan di permukaan di Kecamatan sanden Kabupaten Bantul?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan nilai *PGA* batuan dasar, *Vs30* dan *Ground Amplification Factor* di Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul berdasarkan metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015).
2. Menentukan nilai *PGA* di permukaan dan nilai indeks bahaya gempa bumi berdasarkan metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015) di Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul.
3. Membuat peta persebaran daerah rawan bahaya gempa bumi yang di korelasi dengan pemukiman penduduk dibuat dengan mengacu pada metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015) berdasarkan analisa intensitas guncangan di permukaan di Kecamatan sanden Kabupaten Bantul.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah :

1. Parameter *PGA* di dapatkan dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman (PUSKIM) sebanyak 42 titik dengan jarak kurang lebih 1 KM sedangkan *Vs30* di dapatkan dari inversi *HVSR*.
2. Pembuatan peta zonasi intensitas guncangan di permukaan menggunakan metodologi yang di kembangkan oleh BNPB dan JICA (2015) dengan menggunakan parameter *PGA* dan *Vs30* hasil iversi *HVSR*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Jika informasi tentang percepatan getaran tanah pada permukaan dan indeks bahaya gempa bumi di Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul berhasil ditentukan maka data ini bisa dimanfaatkan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya tentang mitigasi kebencanaan maupun penelitian tentang kegeofisikaan.
2. Jika informasi tentang peta persebaran daerah rawan terhadap bencana gempa bumi di Kecamatan Sanden Kabupaten Bantul berhasil di buat maka dapat digunakan sebagai referensi upaya mitigasi. Hal ini akan mendukung dalam pengambilan keputusan terkait kondisi masyarakat yang berada di daerah rawan bencana gempa bumi untuk dapat memperkirakan resiko yang muncul akibat bencana, sehingga kerugian dapat berkurang serta antisipasi dan kesiapan dalam menghadapi bencana dapat ditingkatkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai *Peak Ground Amplification (PGA)* batuan dasar di Kecamatan Sanden memiliki nilai rentang 0,52g s.d 0,67g. Nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter (*V_{s30}*) memiliki rentang nilai 154,661 s.d 260,80 m/s. Nilai *Ground Amplification Factor (GAF)* memiliki nilai dengan rentang 1,64 sampai 2,09.
2. Berdasarkan metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015) persebaran nilai percepatan tanah maksimum (*PGA*) permukaan memiliki nilai antara 0,87 sampai 1,32 g, dimana nilai *PGA* permukaan tinggi berada pada hampir seluruh Desa Srigading, Gadingharjo dan Murtigading, sedangkan untuk Desa Gadingsari hanya sedikit dibagian utara desa.
3. Berdasarkan metodologi yang telah dikembangkan oleh BNPB dan JICA (2015) zona persebaran daerah rawan bahaya gempa bumi yang di korelasi dengan pemukiman penduduk di Kecamatan Sanden berada di Desa Srigading, Gadingharjo dan Murtigading untuk zona kuning sampai merah dengan luas pemukiman 208,37 ha atau sebesar 90% pemukiman wilayah sanden masuk dalam daerah rawan bencana gempa bumi. Persebaran indeks bahaya gempa bumi di lakukan dengan cara melakukan pengkelasan dimana memiliki nilai indeks bahaya gempa bumi berdasarkan pengkelasan yang di rekomendasikan

oleh BNPB dan JICA (2015) memiliki nilai 1 sehingga seluruh Kecamatan Sanden merupakan zona daerah rawan bencana gempa bumi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu di perbaiki pada pengembangan penelitian yang akan di lakukan peneliti selanjutnya, diantaranya sebagai berikut:

1. Perlunya penelitian dengan jarak antar titik penelitian yang lebih dekat agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu memperluas lokasi penelitian yaitu dilakukannya penelitian di kecamatan lain, terutama yang memiliki tingkat resiko seismik tinggi.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan mendapatkan data dukung berupa data bor sehingga mendapatkan informasi litologi bawah permukaan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah bin Muhammad bin Abdurahman bin Ishaq Al-Sheikh. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3*. Penerjemah: Muhammad Abdul Ghoffar. Penerbit Pustaka Imam asy-Syafi'i, Bogor.
- Aster, Rick. 2011. *The Seismic Wave Equation*. New Mexico: New Mexico Institute of Mining and Technology.
- Badan Informasi Geospasial. 2017. *Geospasial untuk Negeri*. Diakses 3 Februari 2020 dari <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 1998. *Sumber Daya Geologi Buletin Meteorologi dan Geofisika No. 4* BMKG: Jakarta.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2018. *Buku Gempa bumi*. Diakses 15 Januari 2019 dari <http://puslitbang.bmkg.go.id/litbang/wp-content/uploads/2018/01/buku-gempa-bumi.pdf>.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2020. *Data gempa di Indonesia*. Diakses 10 Januari 2020 dari <http://inatews.bmkg.go.id/new/?act=realtimeev>.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. *Peraturan Kepala Badan nasional Penanggulangan Bencana No. 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Resiko Bencana*. BNPB. Jakarta.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2015. *Metodologi dan Zonasi Resiko Bencana*. BNPB. Jakarta
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2020. *InaRisk peta risiko bahaya gempa bumi*. Di akses 18 Maret 2020 dari <http://inarisk.bnpb.go.id/>.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2006. *Penilaian Awal dan Kerusakan Bencana Alam di Yogyakarta dan Jawa Tengah*. Public Disclosure Authorized: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa dan Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*. Jakarta: BSN, SNI 1726:2012.
- Burger, H.R. 1992. *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. Englewood Cliffs. NJ.
- Castellaro, Mulargia dan Rossi, P.L. 2008. *Vs30: Proxy for Seismic Amplification?* *Seismol. Res. Letters*; 79: 4. 540-543.
- Daryono, Sutikno, Prayitni dan Setio, B. 2009. *Data Mikrotremor dan Pemanfaatannya untuk Pengkajian Bahaya Gempa bumi*. Yogyakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Fulki, Ahmad. 2011. *Analisis Parameter Gempa, b Value dan PGA di Daerah Papua*. *Sains dan Teknologi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.

- Ghosh, S. K. 2008. *Seismic Design Of RC Structures Using UBC/ACI Provisions*. Dubai.
- Hochstein, M. P dan Sudarman, S. 2008. *History of Geothermal Exploration in Indonesia from 1970 to 2000*, Geothermics, Vol. 37.
- Ibrahim, Gunawan dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Kapojos, Tauntuan dan Pasau, G. 2015. *Analisis Percepatan Tanah Maksimum dengan Menggunakan Rumusan Esteva dan Donovan (Studi Kasus Semenanjung Utara Pulau Sulawesi)*. Jurnal Ilmiah Sains. Vol. 15, No. 2, Jur. Fisika Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Labertta, S. 2013. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Analisis Mikrotremor di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. (Skripsi), Program Studi Fisika, FMIPA, UNY, Yogyakarta.
- Lowrie, William. 2007. *Fundamental of Geophysics* (2nd ed). Cambridge University Press. New York.
- Manzella, A. 1990. *Geophysical Methods in Geothermal Exploration*. Pisa, Italy: Italian National Research Council International Institute for Geothermal Research.
- Marjiyono. 2010. *Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung*. Thesis ITB, Bandung.
- Muhammad Fu'ad Abd. Al-Baqi. 1992. *Al-Mu'jam al-Mufahras li Alfaz al-Qur'an al-Karim*. Beirut. Dar al-Ma'rifah.
- Nakamura, Y. 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on The Ground Surface Quatrely Reports of The Railway Technical Research Institute* (pp. 30, 25 - 33). Tokyo.
- Nurahmi, Effendi dan Sandra. 2015. *Analisis Kecepatan Gelombang Geser Vs30 Menggunakan Metode Refraksi Mikrotremor (Remi) Di Kelurahan Talise. Gravitasi, Vol.14, Nomor 1*.
- Ostrander, W.J. 1984. *Plane Wave Reflection Coefficients for Gas Sands at Nonnormal Angles of Incidence*. Geophysics, 49, 1637-1648.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman. 2011. *Desain Spektra Indonesia*. Diakses 14 Februari 2020 dari http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.
- Rahardjo, Sukandarrumidi dan Rosidi, H.M.D. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta Jawa*. Bandung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Raharjo, Ferianto, Arfiandi, Lisantono dan Wibowo F.X. N. 2006. *pelajaran dari gempa bumi yogyakarta 27 mei 2006*. ISBN 979.9243.80.7 E-journal.uayj.ac.id.
- Rasyidea, R. 2014. *Pemodelan Mikrozonasi Percepatan Getaran Tanah Maksimum (PGA) di Bendungan Sermo Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*.

- (Skripsi), Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Riskyana dan Sumardani. 2019. *Kajian Resiko Bencana Gempa bumi di Kabupaten Cianjur*. Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana, Vol.10 No1 Juni 2019: 39-51
- Robi Amri, Yulianti, Yunus dan Ridwan. 2016. *Resiko Bencana Indonesia*. Jakarta. BNPB.
- Roser dan Gosar, A. 2010. *Determination of Vs30 for seismic ground classifications in the Ljubljana area, Slovenia*. Acta Geotechnica Slovenia, Vol. 16 Januari 2010.
- SESAME. 2004. *Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations*. Europe: SESAME European research project.
- Setiawan J.R. (2009). *Mikrozonasi Seismisitas Daerah Yogyakarta Dan Sekitarnya*. Tesis. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- SNI 1726. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sunarjo, Gunawan dan Pribadi, S. 2012. *Gempa bumi Edisi Populer*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Suzeta, Andreew, Edgar A.C. 2006. *Penilaian Awal Kerusakan dan Kerugian Bencana Alam di Yogyakarta dan Jawa Tengah*. Jakarta. Laporan bersama BAPPENAS, Pemerintahan Provinsi dan Daerah D.I. Yogyakarta, Pemerintahan Provinsi dan Daerah Jawa Tengah, dan Mitra international, Juli 2006.
- Syahrudin, Aswad, Palullungan, Maria dan Syamsuddin. 2014. *Penentuan Profil Ketebalan Sedimen Lintasan Kota Makassar Dengan Mikrotremor*. Makassar: UNHAS.
- Telford, W M, dkk. 1990. *Applied Geophysics*, Second Edition. New York: Cambridge University Press.
- Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa. 1988. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI.
- Wangsadinata, W. 2006. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002*. Shortcourse HAKI 2006. Jakarta.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA