

**IDENTIFIKASI POTENSI BENCANA GEMPABUMI
BERDASARKAN NILAI *GROUND SHEAR STRAIN*
(*GSS*) DI KAWASAN CANDI RATU BOKO**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



diajukan oleh

Hastin Lidya Wijayanti

NIM : 16620021

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

2023

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



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-1811/Un.02/DST/PP.00.9/07/2023

Tugas Akhir dengan judul : Identifikasi Potensi Bencana Gempabumi Berdasarkan Nilai Ground Shear Strain (GSS) di Kawasan Candi Ratu Boko

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : HASTIN LIDYA WIJAYANTI
Nomor Induk Mahasiswa : 16620021
Telah diujikan pada : Senin, 10 Juli 2023
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: 64bf69c1e3490



Penguji I

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

Valid ID: 64bf8fdb24132



Penguji II

Andi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 64bf83368d413



Yogyakarta, 10 Juli 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 64c3632f562f7

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

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 : Hastin Lidya Wijayanti
NIM : 16620021
Judul Skripsi : IDENTIFIKASI POTENSI BENCANA GEMPABUMI BERDASARKAN NILAI
GROUND SHEAR STRAIN (GSS) DI KAWASAN CANDI RATU BOKO

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 dimunagsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I

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

Yogyakarta, 22 Juni 2023

Pembimbing II

Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Sc.
NIP. 19840223 000000 1 301

SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hastin Lidya Wijayanti

NIM : 16620021

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “IDENTIFIKASI POTENSI BENCANA GEMPABUMI BERDASARKAN NILAI *GROUND SHEAR STRAIN (GSS)* DI KAWASAN CANDI RATU BOKO” 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, 22 Juni 2023

Penulis



Hastin Lidya Wijayanti

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Selesaikan apa yang sudah dimulai, meskipun terlihat mustahil. Lambat bukan berarti gagal, karena setiap orang punya caranya masing-masing untuk berproses”



PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tua saya Bapak Hasto Yuwono dan Ibu Endang Wijayanti yang telah memberikan do'a dan support.
2. Kakak saya Andi Ridwan Pradana dan Wulansari Ebta yang selalu mensupport
3. Keluarga besar Fisika UIN Sunan Kalijaga Angkatan 2016 dan Study Club Geophysics yang senantiasa membantu.
4. Almamater UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah Subhanallahu wa ta'ala yang telah memberikan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Identifikasi Potensi Bencana Gempabumi Berdasarkan Nilai *Ground Shear Strain (GSS)* di Kawasan Candi Ratu Boko” ini dengan baik. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dalam penulisan Skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu, memberi masukan, motivasi, semangat, maupun do'a, sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orang tua dan kakak yang saya cintai yang tiada henti telah memberikan do'a, semangat dan dukungan untuk menyelesaikan skripsi hingga selesai.
3. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si., dan Bapak Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan arahan dan dorongan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.
5. Bapak dan Ibu Dosen UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta khususnya Program Studi Fisika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Keluarga besar Prodi Fisika 2016 UIN Sunan Kalijaga terima kasih atas pertemanan selama ini.
7. Partner skripsi saya Sabina Laurel Andalusia yang telah mensupport saya untuk menyelesaikan pendidikan ini.

8. Novita Permata Sari, Zahrotul Aeni, Putri Ayu Ningsih, Gunadi, Badrun, Mumung, Kevin, Anggita, Can, Ael, Minami terimakasih atas bantuan, saran serta diskusi selama ini.
9. Sahabat terbaik saya Miftach Syal Syabilla, Indira Prabawati Hanggara, Nofita Alfiani, Salisa Nurrohmah, Farida Nurlina yang selalu ada disaat senang maupun susah.
10. Rekan – rekan HMGI, geo 2014, geo 2015, rismas MNHS, grup voucher soto, dan grup sepedaan, grup yuk bisa yuk naik gunung yang selalu mendukung apapun yang saya lakukan untuk skripsi ini.
11. Semua Teman dan Sahabatku dimanapun kalian berada yang selalu memberi dukungan, motivasi dan do'a yang tiada henti serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat dituliskan di sini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu, Penulis berharap masukan dan informasi yang bermanfaat dari banyak pihak serta penelitian berkelanjutan di masa yang akan datang untuk dapat menyempurnakan penelitian yang ada dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 2 Juli 2023

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**IDENTIFIKASI POTENSI BENCANA GEMPABUMI
BERDASARKAN NILAI *GROUND SHEAR STRAIN (GSS)*
DI KAWASAN CANDI RATU BOKO**

Hastin Lidya Wijayanti
16620021

INTISARI

Gempabumi Yogyakarta tahun 2006 memberikan dampak pada struktur bangunan Candi Ratu Boko seperti batu candi yang runtuh, retak dan mengalami pergeseran. Meskipun didominasi oleh formasi semilir yang relative kompak daripada formasi merapi muda, ternyata kerusakan candi tetap terjadi pada kawasan tersebut, sehingga perlu dilakukan penelitian distribusi bahaya gempa di kawasan Candi Ratu Boko. Penelitian ini menggunakan data mikrotremor dari BMKG sebanyak 28 titik dan parameter gempabumi Yogyakarta 2006 untuk menghasilkan nilai *Ground Shear Strain (GSS)* di kawasan Candi Ratu Boko. Data mikrotremor dianalisis menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* untuk mendapatkan nilai indeks kerentanan seismik (Kg). Model *Peak Ground Acceleration (PGA)* menggunakan metode Fukushima Tanaka dengan parameter gempa Yogyakarta 2006 tersebut. Penelitian menunjukkan nilai frekuensi dominan f_0 berkisar antara 0,501 s.d. 17,755 Hz. Nilai amplifikasi A_0 berkisar antara 1,411 s.d. 6,966. Nilai indeks kerentanan seismik (Kg) berkisar antara 0,454 s.d. 39,165 gal. Nilai PGA berkisar antara 167,922 s.d. 169,825 gal dan nilai GSS berkisar antara 0,077 s.d. 6,589. Berdasarkan analisis tersebut maka kawasan Candi Ratu boko apabila terjadi deformasi maka tanah akan mengalami retakan dan penurunan tanah.

Kata kunci: Mikrotremor, HVSr, PGA, GSS.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**IDENTIFICATION OF EARTHQUAKE DISASTER POTENTIAL
BASED ON GROUND SHEAR STRAIN (GSS) VALUES
IN THE RATU BOKO TEMPLE AREA**

Hastin Lidya Wijayanti
16620021

ABSTRACT

The 2006 Yogyakarta earthquake had an impact on the structure of Ratu Boko Temple, such as temple stones that collapsed, cracked and shifted. Although dominated by the semilir formation which is relatively compact than the young Merapi formation, it turns out that temple damage still occurs in the area, so it is necessary to conduct research on the distribution of earthquake hazards in the Ratu Boko Temple area. This research uses microtremor data from BMKG as many as 28 points and parameters of the 2006 Yogyakarta earthquake to produce Ground Shear Strain (GSS) values in the Ratu Boko Temple area. Microtremor data were analyzed using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method to obtain the seismic vulnerability index (Kg). The Peak Ground Acceleration (PGA) model uses the Fukushima Tanaka method with the parameters of the 2006 Yogyakarta earthquake. The research shows that the dominant frequency value f_0 ranges from 0.501 to 17.755 Hz. The amplification value A_0 ranges from 1.411 to 6.966. Seismic susceptibility index (Kg) values range from 0.454 to 39.165 gal. PGA values range from 167.922 to 169.825 gal and GSS values range from 0.077 to 6.589. Based on this analysis, the Ratu boko Temple area if deformation occurs, the soil will experience cracks and subsidence.

Keywords: *Microtremor, HVSr, PGA, GSS.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Tinjauan Lokasi Penelitian.....	9
2.2.2 Gempabumi.....	11
2.2.3 Skala Intensitas Gempabumi.....	12
2.2.4 Teori Elastistas.....	14
2.2.5 Gelombang Seismik	15
2.2.6 Metode Mikrotremor.....	20
2.2.7 Metode <i>HVSR</i>	22
2.2.8 Frekuensi Dominan (f_0)	24
2.2.9 Amplifikasi (A_0).....	26
2.2.10 Indeks Kerentanan Seismik (K_g)	27
2.2.11 <i>Peak Ground Acceleration (PGA)</i>	28
2.2.12 <i>Ground Shear Strain (GSS)</i>	30

BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Alat dan Bahan.....	32
3.1.1 Waktu Penelitian.....	32
3.1.2 Tempat Penelitian	32
3.2 Prosedur Kerja atau Tahapan Penelitian	33
3.2.1 Pengumpulan data.....	35
3.2.2 Pengolahan data	35
3.2.3 Analisis Data.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Penellitian.....	39
4.1.1 Frekuensi dominan (f_0), amplifikasi (A_0), dan indeks kerentanan seismik (Kg).....	39
4.1.2 <i>Peak Ground Acceleration (PGA)</i>	40
4.1.3 <i>Ground Shear Strain (GSS)</i>	41
4.2 Pembahasan.....	47
4.2.1 Analisis Frekuensi Dominan (f_0)	47
4.2.2 Analisis Amplifikasi (A_0).....	49
4.2.3 Analisis Indeks Kerentanan Seismik (Kg).....	50
4.2.4 <i>Analisis Peak Ground Acceleration (PGA)</i>	51
4.2.5 Analisis <i>GSS</i>	53
4.3 Integrasi dan Interkoneksi.....	55
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN 1 TABEL HASIL PENGOLAHAN	63
LAMPIRAN 2 GRAFIK H/V	67
LAMPIRAN 3 DATA GEMPABUMI.....	74
LAMPIRAN 4 DATA KUNJUNGAN WISATAWAN CANDI 2021	75
CURICULUM VITAE.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Geologi Letak Candi Ratu Boko	10
Gambar 2. 2 Pusat Gempabumi atau focus dan titik tepat di atas pusat gempabumi atau epicenter (Lutgens dkk, 2012)	12
Gambar 2. 3 Mekanisme perjalanan <i>Body Wave</i> , Gelombang Primer (Elnashai dan Sarno, 2008)	16
Gambar 2. 4 Mekanisme perjalanan <i>Body Wave</i> , Gelombang Sekunder (Elnashai dan Sarno, 2008)	18
Gambar 2. 5 Mekanisme perjalanan <i>Surface Wave</i> , Gelombang Rayleigh (Elnashai dan Sarno, 2008)	19
Gambar 2. 6 Mekanisme Perjalanan <i>Surface Wave</i> , Gelombang Love (Elnashai dan Sarno, 2008)	20
Gambar 3. 1 Peta titik pengukuran.....	33
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian.....	34
Gambar 4. 1 Peta persebaran Frekuensi Dominan di kawasan Candi Ratu Boko. (a) Titik 15 area kolam kecil. (b) Titik 23 area keputren.....	42
Gambar 4. 2 Peta Persebaran Amplifikasi di kawasan Candi Ratu Boko.(a) Titik 4 area candi pembakaran. (b) Titik 15 area kolam kecil. (c) Titik 24 area pendopo. (d) Titik 22 dan 23 area keputren	44
Gambar 4. 3 Peta Persebaran Indeks Kerentanan Seismik di kawasan Candi Ratu Boko	44
Gambar 4. 4 Peta Persebaran PGA di kawasan Candi Ratu Boko. (a) Titik 24 area pendopo. (b) Titik 18 area pendopo guguran batu. (c) Titik 19 area selatan pendopo.....	46
Gambar 4. 5 Peta Persebaran GSS di kawasan Candi Ratu Boko. (a) Titik 4 area candi pembakaran. (b) Titik 6 area candi pembakaran, bangunan candi tidak berbentuk.	476

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data kerusakan bangunan Candi Ratu Boko akibat gempa bumi DIY tahun 2006	3
Tabel 2. 1 Skala Intensitas European Macroseismic Scale 1998	13
Tabel 2. 2 Tabel Skala Intensitas Gempabumi menurut BMKG	14
Tabel 2. 3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor Oleh Kanai	25
Tabel 2. 4 Klasifikasi Nilai Amplifikasi	27
Tabel 2. 5 Klasifikasi Nilai Indeks Kerentanan Seismik menurut Daryono, dkk (2009)	28
Tabel 2. 6 Hubungan antara regangan dengan sifat dinamis tanah	30
Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam penelitian	32
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan dalam penelitian	32
Tabel 4. 1 Nilai dan klasifikasi frekuensi dominan, amplifikasi dan indeks kerentanan seismik	40
Tabel 4. 2 Nilai dan klasifikasi PGA	41
Tabel 4. 3 Nilai dan fenomena GSS	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik antara lain: Lempeng Samudra Pasifik di bagian timur, Lempeng Australia di Selatan, Lempeng Euro-Asia di bagian barat (Haerudin dkk, 2019). Aktivitas tektonik ini menyebabkan terbentuknya deretan gunungapi di sepanjang pulau Sumatera, Jawa-Bali-Nusa Tenggara, utara Sulawesi-Maluku, hingga Papua. Deret gunungapi ini sering disebut sebagai *Ring of Fire* (BNPB, 2016). Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan bagian dari lempeng benua Eurasia yang terletak dekat dengan zona subduksi atau penunjaman yang terbentuk akibat tumbukan antara Lempeng Benua Eurasia dan Lempeng Samudra Indo-Australia (Badan Geologi, 2016). Kondisi ini menjadikan DIY sebagai salah satu kawasan dengan tingkat aktivitas seismik tinggi di Indonesia. Selain rawan gempa bumi akibat aktivitas tumbukan lempeng, Daerah Yogyakarta juga rawan gempa bumi yang diakibatkan oleh aktivitas beberapa sesar lokal di daratan (Daryono, 2009).

Walaupun menjadi daerah yang rawan akan aktivitas gempa bumi, hingga sekarang DIY masih menjadi daerah tujuan wisata yang terkenal di Indonesia maupun mancanegara (Dinpar, 2022). Sebagai salah satu peninggalan dari suatu kerajaan yang besar, DIY memiliki kebudayaan yang tinggi bahkan merupakan pusat sumber kebudayaan Jawa. Peninggalan seni-budaya ini masih dapat disaksikan terpatut pada monumen-monumen peninggalan sejarah seperti candi-

candi, istana Sultan dan tempat lainnya yang masih terjaga hingga sekarang (Dinpar, 2022).

Salah satu monumen peninggalan sejarah dengan minat wisatawan cukup tinggi yaitu Candi Ratu Boko. Berdasarkan data statistik kepariwisataan DIY 2021 terdapat 45.118 pengunjung selama 2021. Hal ini merupakan jumlah tertinggi kedua setelah Candi Prambanan untuk destinasi wisata situs sejarah dan budaya atau situs purbakala (DinPar, 2022).

Candi Ratu Boko terletak di perbukitan zona pegunungan Selatan (Van Bemmelen, 1949). Berdasarkan peta geologi lembar DIY lokasi Candi Ratu Boko berdekatan dengan Sesar Opak (Rahardjo dkk, 1995). Sesar Opak diyakini sebagai penyebab gempa bumi yang mengguncang DIY 5,9 SR pada 27 Mei 2006 (Badan Geologi, 2016), sehingga akibat gempa bumi tersebut Candi Ratu Boko mengalami kerusakan (Dana, 2013).

Allah SWT berfirman dalam Q.S. Al-A'raf (7): 78 sebagai berikut:

فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جِثْمِينَ ﴿٧٨﴾

Artinya: Karena itu mereka ditimpa gempa, maka jadilah mereka mayat-mayat yang bergelimpangan ditempat tinggal mereka (Abdullah bin Muhammad, 2005)

Menurut Tafsir Ibnu Katsir artinya, muncullah suara keras dari langit dan gempa bumi yang sangat dahsyat dari bawah mereka menyerang mereka, sehingga arwah dan nyawa orang-orang pun melayang dalam satu waktu yang artinya telah menjadi bangkai, tidak ada ruh dalam tubuh mereka, dan tidak ada seorang pun yang tersisa, baik kecil maupun besar, laki-laki maupun perempuan (Abdullah bin Muhammad, 2005).

Gempabumi merupakan peristiwa pelepasan energi yang hebat pada lapisan litosfer karena perpindahan energi secara tiba-tiba pada bidang patahan. Kondisi litosfer yang rapuh menyebabkan retak ketika terkena tekanan, sehingga pecahnya litosfer menghasilkan gempabumi (Lowrie, 2007). Sebagai akibat dari fenomena gempabumi DIY 27 Mei 2006 tersebut, Candi Ratu Boko mengalami beberapa kerusakan diantaranya yaitu sebagian batu-batu candi berguguran, patah, retak, dan pecah, serta di beberapa sudut candi mengalami pergeseran yang cukup mengkhawatirkan (Dana, 2013). Data kerusakan bangunan Candi Ratu Boko terdapat pada tabel 1.1 di bawah ini.

Tabel 1. 1 Data kerusakan bangunan Candi Ratu Boko akibat gempabumi DIY tahun 2006

No.	Bangunan yang Rusak	Deskripsi Kerusakan	Volume
1	Talud Sisi Barat Pendopo	Kerusakan Ringan di Utara Weerket batu, isiannya runtuh, batu isian talud runtuh 5m x 2m	10 m ²
2.	Gapura Pendopo	Masuk 5 buah kemuncak pagar gapura pendopo Ratu Boko jatuh, ukuran kemuncak 0.40 x 0.34 m ³	5 buah
3.	Pagar Pendopo	Beberapa kemuncak pagar pendopo letaknya bergeser. Jumlah 6 buah, sisi Selatan 1 buah, Barat 1 buah, Timur 3 buah, dan Utara 1 buah.	6 buah

Sumber: BPPCB, 2006

Penelitian di kawasan Candi Ratu Boko telah dilakukan oleh Wahyuningsih (2015). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kawasan Candi Ratu Boko secara umum memiliki sebaran nilai indeks kerentanan seismik sedang, sehingga potensi kerusakan bangunan cukup rendah. Penelitian berikutnya yaitu penelitian Andalusia (2021), hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan sebaran nilai kecepatan gelombang geser, kawasan Candi Ratu Boko memiliki potensi kerusakan tinggi di beberapa titik penelitian karena material penyusun batuan didominasi oleh tanah sedang berupa tuff andesit.

Berdasarkan kondisi-kondisi di atas potensi terjadinya kerusakan pada kawasan Candi Ratu Boko masih sangat memungkinkan, karena fenomena gempa bumi sangat sulit untuk diprediksi. Rencana mitigasi gempa bumi dibutuhkan untuk meminimalisir kerugian yang akan terjadi. Langkah yang dapat diambil untuk mengurangi risiko kerusakan akibat gempa bumi yaitu dilakukan pemetaan zona bangunan rawan kerusakan sedini mungkin. Pemetaan ini diperlukan untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah dengan risiko gempa bumi yang tinggi. Wilayah-wilayah dengan risiko gempa bumi yang tinggi, perlu diantisipasi untuk mengurangi dampak bencana yang mungkin timbul dapat dilakukan sedini mungkin (BNPB, 2016).

Menurut Nakamura (1989) potensi kerusakan akibat gempa bumi berkaitan dengan amplifikasi dan gelombang seismik karena dapat memberikan informasi tapak lokal suatu wilayah. *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* merupakan salah satu analisis yang dapat memberikan informasi respon suatu wilayah tentang bahaya seismik pada daerah rawan gempa bumi. *HVSr* digunakan untuk menghitung rasio spektrum dari sinyal mikrotremor komponen horizontal terhadap komponen vertical.

Kajian mengenai potensi risiko gempa bumi dapat dilakukan dengan menganalisis nilai *Ground Shear Strain (GSS)* (Setiawati dkk, 2017). *Ground Shear Strain (GSS)* merupakan kemampuan suatu material lapisan tanah untuk meregang dan bergeser saat terjadi gempa bumi (Nakamura, 2000). Nilai *Ground Shear Strain (GSS)* ini akan menggambarkan kondisi deformasi yang terjadi pada lapisan tanah permukaan (Farid dkk, 2013). *Ground Shear Strain (GSS)* berkaitan

dengan nilai frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), indeks kerentanan seismik (K_g) serta *Peak Ground Acceleration (PGA)* (Nakamura, 1997).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter gerakan tanah tersebut dan fenomena gerakan tanah berdasarkan analisis data *Ground Shear Strain (GSS)* sebagai langkah mitigasi dalam menghadapi ancaman bencana gempa bumi di kawasan Candi Ratu Boko.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dapat diidentifikasi beberapa permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

1. Berapa nilai f_0 , A_0 , dan K_g di kawasan Candi Ratu Boko?
2. Bagaimana potensi kerusakan yang ditimbulkan akibat terjadinya gempa bumi berdasarkan nilai dan sebaran *PGA* di kawasan Candi Ratu Boko?
3. Bagaimana potensi deformasi yang ditimbulkan akibat terjadinya gempa bumi berdasarkan nilai dan sebaran *GSS* di kawasan Candi Ratu Boko?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang harus dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai f_0 , A_0 , dan K_g di kawasan Candi Ratu Boko
2. Menganalisis dampak kerusakan berdasarkan nilai dan sebaran *PGA* di kawasan Candi Ratu Boko.
3. Menganalisis potensi deformasi berdasarkan nilai dan sebaran *GSS* di kawasan Candi Ratu Boko.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka batasan pada penelitian ini adalah :

1. Data yang dianalisis adalah data sekunder yang telah disediakan oleh BMKG DIY dan terdapat 28 titik di kawasan Candi Ratu Boko, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Bantul, D.I. DIY.
2. Data gempabumi diambil dari gempabumi yang mengguncang D.I. DIY pada 27 Mei 2006.
3. Pengolahan data mikrotremor ini menggunakan teknik *horizontal to vertical spectral ratio (HVSr)*.
4. Analisis bangunan rawan kerusakan menggunakan *Peak Ground Acceleration* persamaan Fukushima Tanaka.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat bagi Bidang Akademik

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah pengalaman dan menambah ilmu pengetahuan kepada peneliti dalam bidang ilmu kegempaan.

2. Manfaat bagi Pemerintah dan Masyarakat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang zona bangunan rawan kerusakan pada bangunan Candi Ratu Boko.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai frekuensi dominan (f_0) di kawasan Candi Ratu Boko berkisar antara 0,501 Hz s.d. 17,755 Hz, sedangkan nilai Amplifikasi (A_0) berkisar antara 1,411 s.d. 6,966 serta nilai indeks kerentanan seismik berkisar antara 0,454 gal s.d. 39,165 gal.
2. Rentang nilai *PGA* di kawasan Candi Ratu Boko yaitu antara 167,922 gal s.d. 169,825 gal, dengan rentang nilai tersebut termasuk dalam kategori skala SIG BMKG IV dan Skala MMI VII s.d. VIII, Kerusakan sedang (*moderate damage*), dengan indikator warna jingga. Digambarkan tingkat risiko yang akan terjadi apabila terjadi gempa bumi yaitu banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian genting bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang. Nilai *PGA* tinggi didominasi pada area pendopo dan area keputren. Nilai *PGA* tertinggi berada pada area pendopo tepatnya di area permukiman selatan pendopo.
3. Rentang nilai *GSS* di kawasan Candi Ratu Boko berkisar antara (0,077 s.d. 6,589) $\times 10^{-3}$. Nilai *GSS* tertinggi berada pada area pada area candi pembakaran tepatnya di sekitar candi putih, dan di sekitar bangunan candi yang tidak berbentuk. Fenomena yang terjadi yaitu retakan dan penurunan tanah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang diperoleh, kawasan Candi Ratu Boko memiliki nilai GSS sedang, terlihat pada persebaran nilai GSS, nilai GSS yang tinggi hanya berada pada beberapa titik saja, untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan metode lain sebagai pembanding dari penelitian ini agar mendapatkan hasil yang lebih akurat, mengingat Candi Ratu Boko merupakan tempat wisata bersejarah di Yogyakarta dan cukup diminati baik oleh warga lokal maupun mancanegara.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah bin Muhammad. 2005. *Tafsir Ibnu Katsir (Jilid 8)*. Penerjemah: M. Abdul Ghoffar E.M., Abdurrahim Mu'thi dan Abu Ihsan Al-Atsari Pustaka Imam Asy-Syafi'i. Bogor.
- Andalusia, S. L. 2021. *Analisis Lapisan Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan Ground Profile Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Metode Ellipticity Curve di Kawasan Candi Ratu Boko*. (Skripsi), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Yogyakarta.
- Ardiana, N., Akbar, A., Woro, D., Dharma, Y. P., dan Sunardi, B. 2019. Analisis Kerentanan Seismik Kelurahan Pondok Betung Berdasarkan Nilai Ground Shear Strain (GSS). *Seminar Nasional Geografi III-Program Studi Pascasarjana Geografi, Fakultas Geografi, UGM*. 2 November 2019: 203-210.
- Arifin, S. S., Mulyatno, B. S., Marjiyono, dan Setianegara, R. 2014. Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, Vol. 2 No. 1: 30-40.
- Badan Geologi-Kementrian ESDM. 2016. *Geomagz Majalah Geologi Populer 10 Tahun Gempa Yogyakarta (Vol 6 No 2)*. Museum Geologi. Bandung.
- Badan Geologi-Kementrian ESDM. 2016. *Geomagz Majalah Geologi Populer 10 Tahun Gempa Yogyakarta (Vol 6 No 2)*. Museum Geologi. Bandung.
- Balfas, M. D. 2015. *Geologi untuk Perambangan Umum*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Bemmelen, Van, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia Vol. IA and Adjacent Archipelagoes*. Government Printing Office. The Hague.
- BMKG. 2019. *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak Tahun 1821-2018 Per Tahun*. Pusat Gempabumi dan Tsunami BMKG. Jakarta.
- BMKG. 2021. *Skala Intensitas Gempabumi*. Diakses pada 1 April 2021 dari <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-intensitas-gempabumi.bmkg> .
- BNPB. 2016. *Risiko Bencana Indonesia (RBI)*. BNPB. Jakarta.
- BPCB. 2021. *Situs Ratu Boko*. Diakses pada 11 Oktober 2022 dari <https://bpcbdiy.kemdikbud.go.id/cagarbudaya-situs-ratu-boko>.
- BPPCB. 2006. *Laporan Akhir Observasi dan Pendataan Kerusakan Benda Cagar Budaya/Situs di Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Pasca Gempa Tektonik 27 Mei 2006*. Balai Pelestarian Peninggalan Cagar Budaya, Yogyakarta.
- Brotopuspito, K. S. 2012. *Mitigasi Bencana Gempabumi*. Pusat Studi Bencana Universitas Gadjah Mada.
- Dana, I W. 2013. *Keraton Ratu Boko Budaya dan Ekologi*. Lembah Manah. Yogyakarta.
- Daryono., Sutikno., Prayitni., dan Setio, B. 2009. *Data Mikrotremor dan Pemanfaatannya untuk Pengkajian Bahaya Gempabumi*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Yogyakarta.

- Departemen Agama RI. 2021. Quran Kemenag. Diakses pada 18 Oktober 2021 dari <https://quran.kemenag.go.id/surah/99>.
- DEMNAS. 2022. Layanan Unduh Demnas dan Batnas by Badan Informasi Geospasial. <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>.
- Destegul, U. 2004. *Sensitivity Analysis of Soil Site Response Modelling in Seismic Microzonation for Latitpur, Nepal*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede. Netherlands.
- Dinas Pariwisata Daerah Istimewa Yogyakarta. 2022. *Statistik Kepariwisataaan 2021 Derah Istimewa Yogyakarta*. Dinas Pariwisata Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta.
- Elnashai, A. S. dan Sarno, L. D. 2008. *Fundamentals of Earthquake Engineering*. Hongkong. Wiley.
- Farid, M., Brotopuspito, K. S., Wahyudi, Sunarto, dan Suryanto, W. 2013. Survey Mikroseismik untuk Pemetaan Bahaya Gempa Bumi di Kota Bengkulu. *Seminar Semirata Unila Lampung*, April 2013.
- Fatimah, R., Ardianto, T., dan Qomariyah, N. 2019. Mikrozonasi Gempa Bumi di Desa Medana dan Jenggala Kecamatan Tanjung Kabupaten Lombok Utara menggunakan Metode Mikroseismik. *Indonesian Physical Review Journal*. **Vol. 2 No. 1 Januari 2019**: 18-26.
- Fukushima, Y. dan Tanaka, T. 1990. A new Attenuation Relation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **Vol. 80 No. 4** Agustus 1990.
- Gurler, E. D., Nakamura, Y., Saita, J., dan Sato, T. 2000. Local Site Effect of Mexico City Based on Microtremor Measurement. *Journal System and Data Research Co*.
- Haerudin, N., Alami, F., dan Rustadi. 2019. *Mikroseismik, Mikrotremor dan Microearthquake dalam Ilmu Kebumihan*. Pusaka Media. Bandar Lampung.
- Hesti, Pramumijoyo, S., dan Wintolo, D. 2018. Interpretation of Dynamic Sediment Characteristic based on Microtremor Analysis in Prambanan Region, Sleman Yogyakarta and Klaten Central Java, Indonesia. *Jurnal Geofisika*, **Vol. 16 No. 1**: 9-14.
- Kanai, K. dan Tanaka, T. 1961. On Microtremor. VIII. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, **Vol. 39**: hal 97-114.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration Third Edition*. Blackwell Science. Hong Kong.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamentals of Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. New York.
- Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J., dan Tasa, D. 2012. *Essentials of Geology Eleventh Edition*. Pearson Education. United States of America.
- Maramis, C., Pasau, G., Tamuntua, G. H. Analisis Percepatan Tanah Maksimum Akibat Adanya Gempa Bumi di Lengan Utara Pulau Sulawesi menggunakan Metode Fukushima Tanaka. *Jurnal MIPA 9*.
- Marjiyono. 2010. *Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung*. (Thesis). Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Mucciarelli, M. dan Gallipoli, M. R. 2001. A Critical Review of 10 Years of Microtremor HVSR Technique. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, **Vol. 42 No. 3-4** : 255-266.
- Nakamura, Y. 1989. A method for Dynamic Characteristics Eastimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. Geotechnical Engineering and Disaster Prevention Laboratory. *Journal QR of RTRI*, **Vol. 30 No. 1 Februari 1989**.
- Nakamura, Y. 1989. A method for Dynamic Characteristics Eastimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. Geotechnical Engineering and Disaster Prevention Laboratory. *Journal QR of RTRI*, **Vol. 30 No. 1 Februari 1989**.
- Nakamura, Y. 1997. Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures using Microtremor. *World Congress on Railway Research, Florence*. November 1997.
- Nakamura, Y. 2000. Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications. *Jurnal System and Data Research Co*. Tokyo, Japan.
- Nakamura, Y. 2000. Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications. *Jurnal System and Data Research Co*. Tokyo, Japan.
- Okada, H. *Geophysical Monograph Series Number 12 The Microtremor Survey Method*. Society of Exploration Geophysics. United States of America.
- Parolai, S., Bormann, P., Milkereit, C. 2001. New Relationships Vs, Thickness of Sediments, and Resonance Frequency Calculated by the H/V Ratio of Seismic Noise for the Cologne Area (Germany). *Bulletin of the Seismological Society of America*, **Vol. 92 No 6** Agustus 2002 : 2521-2527.
- Partono, W., Irsyam, M., Wardani, S. P. R., dan Maarif, S. 2015. Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang Melalui Penelitian Hazard Gempa Deterministik. *Jurnal Teknik*, **Vol. 36 No. 1**: 24-31.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Riyadhi, A. F., Rahmadi, R., Pandu J. GNR. 2017. Perhitungan Indeks Kerentanan Tanah Berdasarkan Analisa HVSR di Kawasan Situs Candi Pari dan Candi Sumur, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia. *Jurnal Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan ke-10 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan dalam Pembangunan Insfrastruktur di Indonesia*.
- SESAME. 2004. *Guidelines for The Implementation of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations Measurements, Processing and Interpretation*. SESAME European Reasearch Project. Europe.
- Setiawan, J.H. 2009. Mikrozonasi Seismisitas Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya. (Tesis), Program Magister Teknik Geodesi dan Geomatika, Bidang Pengutamaan Sistem Informasi Mitigasi Bencana, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung. Diakses pada 29 September 2022 dari <https://digilib.itb.ac.id/index.php/gdl/view/13581>.

- Setiawati, Y., Wibowo, B. N., dan Darmawan, D. 2017. Analisis GSS (Ground Shear Strain) dengan Metode HVSR menggunakan Data Mikroseismik pada Jalur Sesar Opak. *Jurnal Ilmu Fisika dan Terapannya*. Vol 6. No. 2.
- Sharma, P. V. 1997. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Surono, Toha, B., dan Sudarno I. 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Girintontro, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. University Press. New York.
- USGS. 2022. Search Earthquake Catalog. <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/earthquakes>.
- Wahyuningsih, A. 2015. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik di Kawasan Candi Ratu Boko*. (Skripsi), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Yogyakarta.
- Yunus, M. 1989. *Kamus Arab-Indonesia*. PT Hidakarya Agung. Jakarta.