

**“ANALISIS LAPISAN LITOLOGI BAWAH
PERMUKAAN BERDASARKAN *GROUND PROFILE*
KECEPATAN GELOMBANG GESER (V_s) METODE
ELLIPTICITY CURVE DI KAWASAN CANDI RATU
BOKO”**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Fisika



Diajukan Oleh :
Sabina Laurel Andalusia
16620015

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2021



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-393/Un.02/DST/PP.00.9/02/2021

Tugas Akhir dengan judul : ANALISIS LAPISAN LITOLOGI BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN GROUND PROFILE KECEPATAN GELOMBANG GESER (V_s) METODE ELLIPTICITY CURVE DI KAWASAN CANDI RATU BOKO

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SABINA LAUREL ANDALUSIA
Nomor Induk Mahasiswa : 16620015
Telah diujikan pada : Kamis, 04 Februari 2021
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: 60374e1dc59ea



Penguji I

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

Valid ID: 60348c40baa27



Penguji II

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

Valid ID: 603332f2f3a0f



Yogyakarta, 04 Februari 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 603752c0b8834



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 : SABINA LAUREL ANDALUSIA
NIM : 16620015
Judul Skripsi : ANALISIS LAPISAN LITOLOGI BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN
GROUND PROFILE KECEPATAN GELOMBANG GESER (V_s) METODE
ELLIPTICITY CURVE 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 mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I

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

Yogyakarta, 16 Januari 2021

Pembimbing II

Nugroho Budi Wibowo M.Si.
NIP. 19840223 200801 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sabina Laurel Andalusia

NIM : 16620015

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Lapisan Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan *Ground Profile* Kecepatan Gelombang Geser (V_s) Metode *Ellipticity Curve* 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.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 16 Januari 2021

Penulis,




Sabina Laurel Andalusia
16620015

MOTTO

MAN JADDA WAJADA

“Barang siapa yg bersungguh-sungguh, maka dia akan mendapatkannya”

MAN SHABARA DHAFIRA

“Barang siapa bersabar, maka dia akan beruntung”

MAN SAARA ‘ALA DARBI WASHALA

“Barang siapa berjalan pada jalan-Nya, maka dia akan sampai”



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Abah Sudarmaji dan ibu Masrikah sebagai penyemangat yang selalu memberikan support serta doa disepertiga malamnya untuk kelancaran studi dan kesuksesan saya. Terimakasih atas semua kasih sayang serta pengorbanannya.

Kakak saya (Syahnaz Nabela Farahdiba, Lutfi Ghazali) dan adik saya (Moch. Balya Bilhaque Nazal, Nayyara Abidah Annaura) yang saya sayangi. Terimakasih atas dukungan dan doa yang tak pernah henti.

Almamater UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta khususnya prodi fisika sebagai tempat untuk menimba ilmu.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Analisis Lapisan Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan *Ground profile* Kecepatan Gelombang Geser (V_s) Metode *Ellipticity curve* Di Kawasan Candi Ratu Boko”. Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan kepada baginda besar Muhammad SAW yang telah membawa dunia dari alam jahiliyah ke alam yang terang benderang yaitu addiinul islam.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Kedua orangtua tercinta Abah Sudarmaji dan Ibu Masrikah yang senantiasa mendoakan tanpa henti untuk kelancaran studi penulis.
2. Bapak Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si selaku pembimbing 1 serta bapak Nugroho Budi Wibowo, M.Si., selaku pembimbing 2. Terimakasih atas bimbingannya selama ini yang penuh dengan kesabaran.
3. Ketua program studi fisika ibu Anis Yuniati, Ph.D
4. Dosen pendamping akademik bapak Cecilia Yanuarief, M.Si yang telah mendampingi serta memberi arahan selama masa studi.
5. Teman-teman geofisika dan fisika yang telah membantu dan memberikan dukungan sejak awal bertemu hingga selesai penyusunan skripsi.

6. Teman-teman Paguyuban Alumni Nurul Jadid yang telah menemani berproses.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan. Semoga senantiasa diberikan kelancaran serta kemudahan oleh Allah.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan skripsi yang akan datang. Namun, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan seluruh masyarakat.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 13 Januari 2021

Penulis,

Sabina Laurel Andalusia

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ANALISIS LAPISAN LITOLOGI BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN *GROUND PROFILE* KECEPATAN GELOMBANG GESER (V_s) METODE *ELLIPTICITY CURVE* DI KAWASAN CANDI RATU BOKO

Sabina Laurel Andalusia
16620015

INTISARI

Candi Ratu Boko merupakan salah satu peninggalan sejarah di Yogyakarta. Untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada bangunan candi, maka perlu diketahui lapisan litologi bawah permukaan di Kawasan Candi Ratu Boko. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis nilai kecepatan gelombang geser serta menganalisis dan memodelkan lapisan litologi bawah permukaan berdasarkan kecepatan gelombang geser di Kawasan Candi Ratu Boko. Pengukuran mikrotremor yang dilakukan Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika di Candi Ratu Boko diolah untuk mendapatkan parameter kecepatan gelombang geser. Pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode HVSR diperoleh nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi untuk mendapatkan kurva HV dan kemudian diinversi untuk menghasilkan nilai kecepatan gelombang geser menggunakan metode *ellipticity curve*. Pengolahan inversi menggunakan metode *ellipticity curve* dihasilkan pemodelan *ground profile* kecepatan gelombang geser yang digunakan sebagai input pemodelan 3D lapisan litologi bawah permukaan. Hasil dari penelitian ini berupa nilai frekuensi dominan (f_0) rentang 1,23 Hz s.d. 18,8 Hz, nilai faktor amplifikasi (A_0) rentang 0,98 s.d. 15,26, serta nilai kecepatan gelombang geser dengan rentang 65,59 m/s s.d. 738,05 m/s. Dari nilai kecepatan gelombang geser yang diperoleh, Candi Ratu Boko tersusun oleh material batuan berupa tanah, tuff andesit dan tuff yang merupakan klasifikasi jenis batuan mulai tanah lunak hingga batuan lunak pada kedalaman 0 s.d. 50 m. Candi Ratu Boko didominasi oleh material berupa tuff andesit yang sangat tebal sehingga terdapat beberapa titik penelitian di Kawasan Candi Ratu Boko yang rentan terhadap gempa yang menyebabkan kerusakan pada bangunan. Sebagaimana gempa yang telah terjadi pada tahun 2006 yang menyebabkan kerusakan pada beberapa bangunan Candi.

Kata Kunci: *ellipticity curve*, *ground profile*, kecepatan gelombang geser, litologi bawah permukaan

SUBSURFACE LITHOLOGY LAYERS ANALYSIS BASED ON SHEAR WAVE VELOCITY GROUND PROFILE USING ELLIPTICITY CURVE METHOD IN THE RATU BOKO TEMPLE AREA

Sabina Laurel Andalusia
16620015

ABSTRACT

Ratu Boko Temple is one of the historical heritages in Yogyakarta. Minimizing the damage to the temple, it is necessary to know the subsurface lithology layer in the Ratu Boko Temple Area. The purpose of this research is to analyze the value of shear wave velocity and the model subsurface lithology based on the shear wave velocity in the Ratu Boko Temple area. This research used the microtremor method conducted by Meteorology, Climatology and Geophysics Agency at Ratu Boko Temple and is processed to obtain shear wave velocity parameters. Data processing in which the HVSr method obtained the predominant frequency, the amplification factor to result the HV curve, and then inverted to produce the shear wave velocity value using the ellipticity curve method. Inversion processing used an ellipticity curve method resulted in ground profile modeling of shear wave velocity as an input for 3D subsurface lithology modeling. The study concluded that the predominant frequency (f_0) ranging from 1.23 Hz to 18.8 Hz, and amplification factor value (A_0) ranging from 0.98 to 15.26, as well as the shear wave velocity value with a range of 65.59 m/s to 738.05 m/s. From the shear wave velocity value, Ratu Boko Temple is composed of rock materials in the form of soil, andesite tuff which is being a classification of rock types from soft soil to soft rock at a depth of 0 to 50 m. Ratu Boko Temple is dominated by material in the form of andesite tuff which is very thick so that the Ratu Boko Temple area is vulnerable to earthquake which might damage to building. As it happened to the earthquake that occurred in 2006.

Keywords: ellipticity curve, ground profile, shear wave velocity, subsurface lithology

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Studi Pustaka.....	9
2.2 Landasan Teori.....	12
2.2.1 Kondisi Geologi.....	12
2.2.2 Gelombang Seismik.....	13
2.2.3 Mikrotremor	23
2.2.4 Metode <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i> (HVSr)	24
2.2.5 Metode Inversi.....	30

2.2.6 Kecepatan Gelombang Geser	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2 Alat dan Bahan	35
3.3 Prosedur Kerja	36
3.3.1 Pengumpulan Data	37
3.3.2 Pengolahan Data	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Hasil.....	45
4.2 Pembahasan.....	53
4.2.1 Nilai Frekuensi Predominan (f_0)	54
4.2.2 Nilai Faktor Amplifikasi (A_0)	56
4.2.3 Inversi Kurva HV Metode Ellipticity curve Dan Ground profile	58
4.3 Integrasi-Interkoneksi	62
BAB V PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	68
CURICULUM VITAE.....	124

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Kerusakan Bangunan Candi Ratu Boko Akibat Gempabumi Tahun 2006 di Yogyakarta	4
Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan.....	26
Tabel 2.2 Klasifikasi nilai amplifikasi	27
Tabel 2.3 Klasifikasi Jenis Tanah Dan Batuan Berdasarkan Nilai Vs	32
Tabel 2.4 Nilai Vs Pada Beberapa Jenis Batuan.....	32
Tabel 3.1 Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian	35
Tabel 3.2 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	35
Tabel 4.1 Hasil nilai kecepatan gelombang geser.....	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Geologi Lokasi Candi Ratu Boko Terhadap Sesar Opak	5
Gambar 2.1 Komponen Tegangan	14
Gambar 2.2 Komponen Regangan Dua Dimensi	17
Gambar 2.3 Gelombang Primer	20
Gambar 2.4 Gelombang Sekunder	21
Gambar 2.5 Pergerakan Partikel Gelombang Rayleigh.....	22
Gambar 2.6 Pergerakan Partikel Gelombang Love.....	22
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian Zona 1 Dan Zona 2	34
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data	38
Gambar 3.4 Sinyal Mikrotremor pada Software Geopsy	39
Gambar 3.5 Kotak Tools H/V	40
Gambar 3.6 Proses Windowing H/V	41
Gambar 3.7 Grafik H/V	42
Gambar 3.8 Ellipticity curve menggunakan dinver	43
Gambar 3.9 Ground profile Kecepatan Gelombang Geser (Vs) dengan kedalaman menggunakan dinver	44
Gambar 4.1 Pemodelan Solid Model 3D Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan Kecepatan Gelombang Geser di Kawasan Candi Ratu Boko	46
Gambar 4.2 Model Sayatan Persebaran Nilai Vs (a) Sisi Utara, (b) Sisi Selatan, (c) Sisi Timur, dan (d) Sisi Barat.....	47
Gambar 4.3 Pemodelan 2D data Logging Berdasarkan Nilai Kecepatan Gelombang Geser	48
Gambar 4.4 (a) Pemodelan Data Logging Pada Lintasan Sisi Timur, (b) Pemodelan Data Logging Pada Lintasan Sisi Barat	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	69
Lampiran 2	73
Lampiran 3	74
Lampiran 4	84
Lampiran 5	93
Lampiran 6	102
Lampiran 7	122
Lampiran 8	123



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan kota yang memiliki banyak tempat wisata, salah satunya ialah Candi yang merupakan bentuk peninggalan sejarah pada zaman dahulu yang sampai sekarang harus dilestarikan. Menurut kamus Arkeologi, Candi adalah sebuah bangunan peninggalan kebudayaan Hindu dan Buddha di Indonesia, baik bangunan itu berupa permandian kuno, maupun bangunan suci keagamaan. Bangunan Candi yang terbuat dari batu memiliki beberapa fungsi, salah satunya yaitu untuk tempat beribadah khususnya agama Hindu dan Budha. Selain itu Candi juga berfungsi sebagai tempat pemujaan, pusat pengajaran agama, tempat menyimpan abu jenazah para raja, petirtaan (pemandian), dan gapura (Aji, 2018).

Candi di Indonesia, masing-masing memiliki fungsi yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan kerajaan yang memiliki kebudayaan dan kepercayaan yang berbeda-beda pada zamannya. Salah satunya yaitu Candi Ratu Boko atau biasa disebut Situs Ratu Boko merupakan salah satu Candi di Indonesia yang memiliki banyak fungsi dilihat dari banyaknya peninggalan yang terdapat di situs Ratu Boko antara lain Gapura, Candi Pembakaran, Paseban, Pendopo, Keputren, dan Gua.

Allah SWT berfirman pada Al-Quran surat Huud ayat 100, dimana didalamnya menjelaskan wawasan islam tentang peninggalan zaman dahulu, yang berbunyi:

ذَٰلِكَ مِنْ أَنْبَاءِ الْفَرَى نَقْصُهُ عَلَيْكَ مِنْهَا قَائِمٌ وَحَصِيدٌ ﴿١٠٠﴾

Artinya : “Itu adalah sebagian dari berita-berita negeri (yang telah dibinasakan) yang kami ceritakan kepadamu (Muhammad); diantara negeri-negeri itu ada yang masih kedapatan bekas bekasnya dan ada (pula) yang Telah musnah” (Huud 11:100)

Surat Huud ayat 100 tersebut terdapat kata *qooimun* yang secara Bahasa dapat diartikan sebagai orang yang berdiri. Tafsir Ibnu Katsir oleh Ismail bin Umar Al-Quraisy bin Katsir Al-Bashri Ad-Dimasyqi menjelaskan bahwa kata *qooimun* pada ayat tersebut maknanya adalah reruntuhan-reruntuhan. Reruntuhan yang dimaksud adalah bekas peninggalan mereka dahulu yang masih tersisa. Ayat tersebut terdapat pula kata *hasid* yang artinya telah musnah. Tafsir Ibnu Katsir mengartikan bahwa yang telah musnah tersebut hancur dan tidak berbekas.

Ayat tersebut menceritakan mengenai kabar para nabi yang telah mereka hadapi dengan ummatnya pada zaman dahulu. Allah membinasakan orang-orang kafir dengan cara menghancurkan beberapa sesembahan mereka yang berupa berhala serta Allah menyelamatkan orang-orang mukmin yang menyembah kepada-Nya. Bentuk sesembahan yang diyakini oleh kebudayaan Hindu dan Budha salah satunya yaitu Candi. Salah satu bangunan Candi yang masih terdapat bekasnya yaitu Candi Ratu Boko yang merupakan peninggalan Hindu dan Budha.

Candi Ratu Boko terletak di Dusun Dawung, Desa Bokoharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara

geografis, Candi Ratu Boko terletak pada 07° 046' 18,4" LS dan 110° 29' 25,6" BT dengan ketinggian antara 190 m di atas permukaan air laut. Kawasan sekitar Candi Ratu Boko juga dikelilingi oleh situs kepurbakalaan, yaitu sebelah utara terdapat Candi Sojiwan, Candi Prambanan, Candi Sewu, dan Candi Plaosan, di sebelah barat terdapat Candi Kalasan dan Situs Watugudig, di sebelah selatan terdapat Candi Banyunibo, dan di sebelah tenggara terdapat Candi Barong, dan Candi Dawangsari.

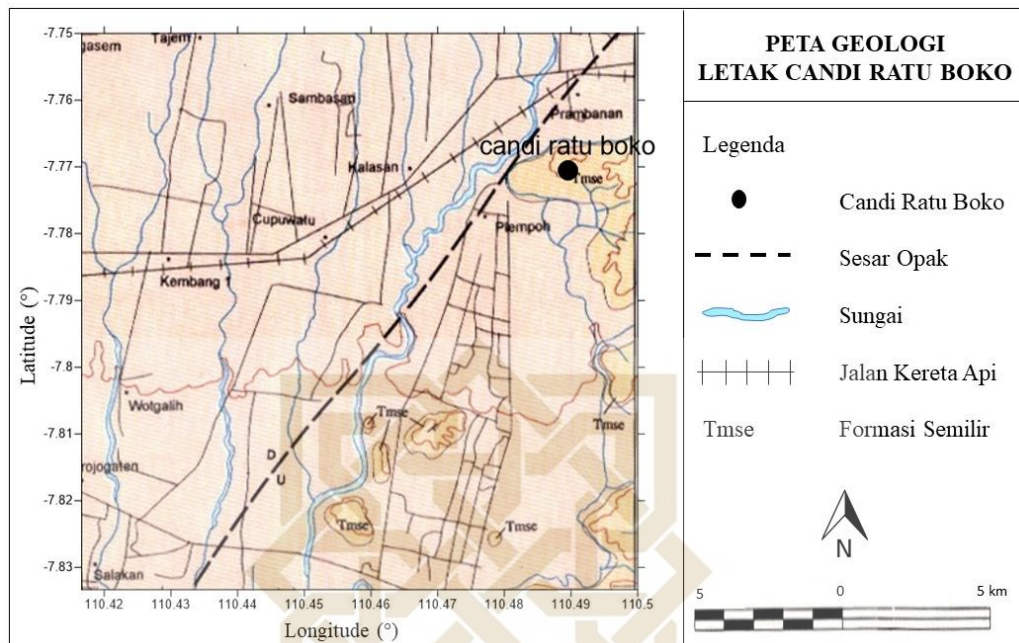
Penelitian yang telah dilakukan di Candi Ratu Boko yaitu oleh Antik Wahyuningsih pada tahun 2015. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui mikrozonasi indeks kerentanan seismik di Kawasan Candi Ratu Boko. Hasilnya menunjukkan bahwa secara umum Kawasan Candi Ratu Boko relatif memiliki potensi kerusakan yang cukup rendah saat terkena gempabumi.

Candi Ratu Boko yang dibangun pada masa Wangsa Sailendra dan kerajaan Medang yang diperkirakan ada sejak tahun 700 M (Ramafriani, 2012) ditemukan oleh Van Boeckholtz pada tahun 1790 dan kemudian karena adanya peristiwa alam seperti gempa bumi menyebabkan Candi mengalami kerusakan. Salah satunya yaitu gempa bumi yang terjadi pada tahun 2006 di Yogyakarta dan menyebabkan kerusakan pada Candi tersebut. Data kerusakan Candi Ratu Boko ditunjukkan pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Kerusakan Bangunan Candi Ratu Boko Akibat Gempabumi Tahun 2006 di Yogyakarta (BPPCB, 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 Masuk Pendopo	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

Kerusakan-kerusakan tersebut juga tidak terlepas dari letak Candi Ratu Boko, dimana secara fisiologi berada di zona depresi Jawa Tengah yang ditumbuhi banyak gunung berapi yang menyambung dengan perbukitan di zona pegunungan selatan (Van Bemmelen, 1949) dan berbatasan dengan Sungai Opak yang terdapat sesar dan telah diperkirakan oleh para ahli geologi bahwa kawasan tersebut merupakan rawan terjadinya gempa bumi yang ditunjukkan oleh gambar 1.1. Selain itu kondisi struktur bawah permukaan tanah wilayah Candi Ratu Boko juga sangat berpengaruh pada kekuatan bangunan Candi tersebut, dimana secara geologi Candi Ratu Boko berada pada Formasi Semilir yang tersusun oleh material-material asal tumpukan debu vulkanik yang didominasi oleh *tuff* dan *tuff lapilli*. Formasi semilir ini terbentang sangat luas mulai dari pegunungan selatan bagian barat dan memanjang dibagian utara hingga bagian timur yang telah diperkirakan memiliki ketebalan kurang lebih 460m (Surono, 2009). Informasi lapisan litologi bawah permukaan memiliki peran yang sangat penting sebagai salah satu dasar penentuan langkah-langkah mitigasi di Kawasan Candi Ratu Boko.



Gambar 1.1 Peta Geologi Lokasi Candi Ratu Boko Terhadap Sesar Opak

Metode geofisika yang dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi lapisan litologi bawah permukaan salah satunya yaitu metode seismik *surface wave*. Metode seismik *surface wave* dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu metode aktif yang meliputi *spectral analysis of surface wave* (SASW), *multichannel analysis of surface wave* (MASW) dan metode pasif dari data mikrotremor. Metode SASW dan MASW merupakan metode seismik aktif non-destruktif yang berasal dari sumber seismik aktif dengan frekuensi tinggi yang berupa palu atau *weighdrop* (Park dkk, 1999) dan memanfaatkan gelombang permukaan berupa gelombang *Rayleigh*, dimana gelombang tersebut dihasilkan dari interaksi gelombang geser dengan lapisan tanah permukaan. Metode mikrotremor dengan menggunakan inversi kurva HVSr merupakan metode seismik pasif yang memanfaatkan getaran alami dari aktivitas manusia serta fenomena alam.

Penelitian yang selanjutnya akan dilakukan yaitu melakukan kajian dengan memodelkan litologi bawah permukaan Kawasan Candi Ratu Boko berdasarkan kurva H/V menggunakan metode *ellipticity curve*. Metode *ellipticity curve* merupakan salah satu metode untuk mengetahui kondisi bawah permukaan berdasarkan kurva H/V dari pengukuran mikrotremor (Wibowo dkk, 2018). Beberapa parameter yang digunakan pada metode *ellipticity curve* yaitu V_s , V_p , densitas dan *poisson ratio* untuk mendapatkan parameter kecepatan gelombang geser (V_s). Kecepatan gelombang geser merupakan salah satu parameter penting dan diperlukan dalam analisis respon dinamik tanah. Penentuan parameter ini dilakukan menggunakan metode pasif dari data mikrotremor menggunakan inversi kurva HVSR. Metode mikrotremor merupakan salah satu metode yang sangat sederhana sebagai alternatif untuk mengidentifikasi permukaan bawah tanah. Data mikrotremor juga dapat dikembangkan untuk mendapatkan profil kecepatan gelombang geser berdasarkan kurva H/V dengan metode *ellipticity curve*. Nilai kecepatan gelombang geser sangat cocok digunakan sebagai salah satu parameter untuk menginterpretasikan keadaan bawah permukaan suatu wilayah (Kanli, 2011). Batuan memiliki nilai kecepatan gelombang geser yang berbeda-beda, sehingga menjadi parameter untuk mengetahui struktur bawah permukaan.

Penelitian lebih lanjut mengenai analisis lapisan litologi bawah permukaan perlu dilakukan untuk upaya mitigasi di Kawasan Candi Ratu Boko agar tidak terjadi kerusakan pada bangunan Candi akibat lapisan tanah yang tidak kuat menahan bangunan karena adanya gempa. Terbatasnya informasi mengenai lapisan litologi bawah permukaan di Kawasan Candi Ratu Boko, maka perlu dilakukan

kajian kecepatan gelombang geser untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan di Kawasan Candi Ratu Boko. Pemodelan lapisan litologi bawah permukaan ini digunakan data mikrotremor di Kawasan Candi Ratu Boko berdasarkan kurva H/V dengan metode *ellipticity curve*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian Analisis Lapisan Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan *Ground profile* Kecepatan Gelombang Geser (V_s) Metode *Ellipticity curve* Di Kawasan Candi Ratu Boko adalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai kecepatan gelombang geser di Kawasan Candi Ratu Boko?
2. Bagaimana pemodelan lapisan litologi bawah permukaan Kawasan Candi Ratu Boko berdasarkan analisis nilai kecepatan gelombang geser?
3. Bagaimana lapisan litologi bawah permukaan Kawasan Candi Ratu Boko berdasarkan analisis nilai kecepatan gelombang geser?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis nilai kecepatan gelombang geser di Kawasan Candi Ratu Boko.
2. Memodelkan lapisan litologi bawah permukaan Kawasan Candi Ratu Boko berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser.
3. Menganalisis lapisan litologi bawah permukaan Kawasan Candi Ratu Boko berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah menggunakan data sekunder mikrotremor dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Yogyakarta sebanyak 27 titik di wilayah Kawasan Candi Ratu Boko berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser dengan metode *ellipticity curve*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Upaya untuk meningkatkan kewaspadaan akibat adanya gempa bumi.
2. Mengkonfirmasi hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di Candi Ratu Boko.
3. Sebagai sumber referensi bagi peneliti, dosen, serta mahasiswa yang ingin melakukan dan mengembangkan penelitian ini lebih lanjut.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Kawasan Candi Ratu Boko memiliki nilai kecepatan gelombang geser yang bervariasi antara 65,59 m/s s.d. 738,05 m/s. Berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser tersebut, Kawasan Candi Ratu Boko memiliki material penyusun batuan mulai dari tanah lunak hingga batuan lunak pada kedalaman hingga 50 m.
2. Kawasan Candi Ratu Boko tersusun oleh material batuan berupa tanah, *tuff* andesit dan *tuff*, dimana material *tuff* andesit lebih mendominasi pada Kawasan Candi Ratu Boko.
3. Persebaran nilai kecepatan gelombang geser menunjukkan bahwa kawasan Candi Ratu Boko memiliki potensi kerusakan yang sangat tinggi pada beberapa titik penelitian saat terjadi gempa bumi, dikarenakan material penyusun batuan didominasi oleh tanah sedang berupa *tuff* andesit.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan untuk menggunakan metode lain seperti geolistrik, MASW, serta menggunakan data bor di area sekitar titik penelitian untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Selain itu juga dapat melakukan penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak titik dengan jarak yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A. W. 2018. *Candi-Candi Di Jawa Tengah Dan Yogyakarta*. BP ISI Yogyakarta. Yogyakarta.
- Arifin, S. S., Mulyanto, B. S., Marjiono, dan Setianegara, R. 2013. 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**.
- Asrifah, D. 2012. Evaluasi Potensi Airtanah Bebas Untuk Penyediaan Air Di Kalasan Dan Prambanan. *Majalah Geografi Indonesia*. **Vol. 27 No. 1** : 56 – 78
- Balfas, M. D. 2015. *Geologi Untuk Pertambangan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- 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.
- Daryono. 2011. *Indeks Kerentanan Seismic Berdasarkan Mikrotremor Pada Setiap Satuan Bentuk Lahan Di Zona Graben Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta*. (Disertasi), Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Elnashai, S. A. dan Sarno, D. L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*. Wiley. Hongkong.
- Gofar, M. 2008. *Gempa Bumi Dalam Perspektif Al-Quran*. (Skripsi), Fakultas Ushuluddin, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Herak, M. 2008. Modelhvsr: A Matlab Tool To Model Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio Of Ambient Noise. *Computers And Geoscience*. **Vol. 34** : 1514-1526.
- Hidayati, S. 2010. *Pengenalan Seismologi Gunungapi*. Diklat Pelaksana Pemula Pengamat Gunungapi Baru. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Hobiger, M. 2011. *Polarization Of Surface Waves: Characterization, Inversion And Application To Seismic Hazard Assessment*. Universite De Grenoble. France.
- Ibrahim, G. dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Kanai, K. dan Tanaka, T. 1961. On Mikrotremors VIII. *Bulletin of Earthquakes Research Institute*. **Vol. 39** : 97-114.

- Kanli, A. I. 2011. Surface Wave Analysis for Site Effect Evaluation. *4th IASPEI/IAEE International Symposium: Effect of Surface Geology on Seismic Motion August 2326, 2011*. University of California Santa Barbara.
- Labertta, S. 2013. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Analisis Mikrotremor Di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. (Skripsi), Jurusan Fisika, FMIPA, UNY, Yogyakarta.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics Second Edition*. United Kingdom At The University Press. Cambridge.
- Nakamura, Y. 1997. Seismic Vulnerability Indices For Ground And Structures Using Microtremor. World Congress on Railway Research. Florence Nov.
- Patimah, S. 2017. *Analisis Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan Ground profilees Kecepatan Gelombang Geser Dengan Metode Ellipticity curve Di Kecamatan Prambanan Dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten*. (Skripsi), Jurusan Fisika, Fakultas FMIPA, UNY, Yogyakarta.
- Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J. 1999. Multichannel analysis of surface waves. *Geophysics*, **Vol. 64 No. 3** : Hal. 800– 808 .
- Rahardjo, W., Wartono, Sukandarrumidi, H.M.D., dan Rosidi. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Rahmawati, R. D., dan Bakhtiar, N. 2018. Pembelajaran IPA Berbasis Integrasi Islam-Sains pada Pokok Bahasan Penciptaan Alam Semesta dan Tata Surya. *JNSI*, **Vol. 1 No. 2** : Hal. 195 – 212.
- Ramafriani, B. 2012. *Studi Tatanan Lanskap Situs Ratu Boko Daerah Istimewa Yogyakarta Dan Upaya Pelestariannya*. (Skripsi) Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Shabani, E., C. Cornou, E. Haghshenas, M. Wathelet, P-Y. Bard, N. Mirzaei, dan M. Eskandari-Ghadi. 2008. Estimating Shear-Waves Velocity Structure By Using Array Methods (FK And SPAC) And Inversion Of Ellipticity curves At A Site In South Of Tehran. *World Conference on Earthquake Engineering*. **Vol. 14** : Hal. 12 – 17.
- Sheriff, R.E. dan L. P. Geldart. 1995. *Exploration Seismology*. Cambridge University Press.
- Souisa, M. 2011. Analisis Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik. *Jurnal Barekeng*. **Vol. 5 No. 2** : Hal. 9 – 14.

- Sulistawan, H., Supriyadi, dan I. Yulianti. 2016. Studi Ketebalan Lapisan Sedimen Daerah Kampus Unnes dengan Menggunakan Metode Mikroseismik. *Prosiding SNG 2016*.
- Sunardi, B., S. Naimah., Urip, H., Supriyanto, R., Sulastri, dan Rasmid. 2018. Vs30 Mapping and Soil Classification in The Southern Part of Kulon Progo Using Rayleigh Wave Ellipticity Inversion. *JGISE*, **Vol. 1 No. 2** : 58 – 64.
- Sungkono, dan B. J. Santosa. 2011. Karakterisasi Kurva Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio: Kajian Literatur Dan Pemodelan. *Jurnal Neutrino*. **Vol. 4 No. 1** : 1-15.
- Surono. 2009. Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta Dan Jawa Tengah. *Geo-sciences*. **Vol. 19 No. 3** : 209-221.
- Susilawati. 2008. *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian dalam Bumi*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Tafsir Ibnu Katsir. Diakses 04 Maret 2020 dari <https://risalahmuslim.id/quran/hud/11-100/>.
- Tayeb, A. M., R. Efendi, dan S, Kasim. 2016. Identifikasi Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Analisis Gelombang Geser Di Kecamatan Palu Barat. *Online journal of natural science*. **Vol. 5 No. 2** : 140-148.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sherif, R. E. 1990. *Applied Geophysics (Second Edition)*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology Of Indonesia Vol. IA General Geology Of Indonesia And Adjacent Archipelagoes*. Government Printing Office. The Hague.
- Wahyuningsih, A. 2015. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik di Kawasan Candi Ratu Boko*. (Skripsi), Jurusan Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Yogyakarta.
- Wibowo, N. B., J. N. Sembri, D. Darmawan, Y. Sumardi, F. Afriliani, dan S. Mahmudah. 2018. Intepretasi Lapisan Sedimen berdasarkan *Ground profilee* Vs dengan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Pacitan. *Indonesian Journal of Applied Physics*. **Vol. 8 No. 1** : 32.
- Wibowo, N. B., D. Darmawan, dan S. Patimah. 2018. Analisis Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan *Ground profile* Vs Di Kecamatan Prambanan Dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten. *KURVATEK*. **Vol. 3 No. 1** : 83-90.