Assessment Tingkat Kerentanan Bangunan Bertingkat di Kampus Universitas Negeri Padang Menggunakan Gelombang *Rayleigh*

Rusnardi Rahmat Putra¹, Dezy Saputra^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat

*Koresponden email: dezysaputra022@gmail.com

Diterima: 4 November 2021

Disetujui: 3 Januari 2022

Abstract

In 2009 the city of Padang experienced an earthquake with a magnitude of 7.9 SR which resulted in damage to many high-rise buildings in the city of Padang, including multi-storey buildings on the UNP campus. Over time the multi-storey building will experience a decrease in quality so it is necessary to check the quality of the building itself. In this study, the author chose one of the multi-storey buildings on the UNP campus to be the object of research, namely the Faculty of Economics building. The purpose of this study was to determine the level of vulnerability of the Faculty of Economics building by checking without damaging it using a microtremor device. The research method was carried out by recording the frequency of the soil and buildings under study using a microtremor device. The primary data of this research is in the form of seismic wave data which will be processed using Matlab and Bido 2.02 software to obtain the natural frequency value of the building itself. Based on the data processing that has been done, the resonance index of the Faculty of Economics UNP building ranges from 584.81%-1054.23% so it is in the low category. The vulnerability index of the UNP Faculty of Economics building ranges from 7.07–29.21 with the highest value on the 1st floor so that the 1st floor is the most vulnerable floor.

Keywords: *vulnerability, resonation, seismic wave, microtremor, building*

Abstrak

Pada tahun 2009 Kota Padang pernah mengalami bencana gempa bumi berskala 7,9 SR yang mengakibatkan banyaknya bangunan bertingkat di Kota Padang mengalami kerusakan termasuk bangunan bertingkat di kampus UNP. Seiring berjalannya waktu bangunan bertingkat tersebut akan mengalami penurunan kualitas sehingga perlu dilakukan pengecekan kualitas bangunan itu sendiri. Pada penelitian ini Penulis memilih salah satu bangunan bertingkat di kampus UNP untuk dijadikan objek penelitian yaitu gedung Fakultas Ekonomi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerentanan gedung Fakultas Ekonomi dengan pengecekan tanpa merusak menggunakan alat mikrotremor. Metode penelitian dilakukan dengan merekam frekuensi tanah dan bangunan menggunakan alat mikrotremor. Data primer penelitian ini berupa data gelombang seismik yang nantinya diolah menggunakan software matlab dan Bido 2.02 sehingga mendapatkan nilai frekuensi alami dari bangunan itu sendiri. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, indeks resonansi gedung Fakultas Ekonomi UNP berkisar antara 584.81%-1054.23% sehingga berada dalam kategori rendah. Untuk indeks kerentanan gedung Fakultas Ekonomi UNP berkisar antara 7.07–29.21 dengan nilai tertinggi terdapat pada lantai 1 sehingga lantai 1 menjadi lantai yang paling rentan.

Kata Kunci: *kerentanan, resonansi, gelombang seismik, mikrotremor, gedung*

1. Pendahuluan

Gempa bumi adalah berguncangnya bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif akibat aktifitas gunung api atau runtuhnya batuan [1]. Pada tanggal 30 September 2009 Kota Padang pernah dilanda bencana gempa bumi dengan kekuatan sebesar 7,9 SR. Gempa ini menyebabkan kerusakan parah di beberapa wilayah di Kota Padang. Gempa ini berepisentrum di Selat Mentawai, sekitar 50 km barat laut Kota Padang dan 60 km barat daya Kota Pariaman [2]. Dampak primer yang ditimbulkan dari gempa ini berupa kerusakan bangunan dan infrastruktur seperti jalan, jembatan, rel kereta api dan bendungan serta menimbulkan korban jiwa, sedangkan dampak sekundernya yaitu berupa tanah longsor dan kebakaran.

Khusus untuk kampus Universitas Negeri Padang, banyak bangunan–bangunan bertingkat yang terdampak dari bencana gempa tersebut. Setelah mengalami bencana gempa bumi, bangunan–bangunan bertingkat yang masih bertahan hingga sekarang ini diperkirakan mengalami penurunan kekuatan terhadap strukturnya termasuk gedung fakultas Ekonomi. Karena lokasi kampus Universitas Negeri Padang berada

pada pesisir pantai maka kondisi atau jenis tanahnya lunak. Jika di masa yang akan datang terjadi bencana gempa bumi lagi, maka bangunan yang berada pada tanah dengan jenis tanah lunak akan lebih mudah mengalami kerusakan. Pada saat sekarang ini gedung Fakultas Ekonomi masih dipergunakan dalam kegiatan perkuliahan serta gedung ini juga dijadikan sebagai *shelter* saat terjadi bencana tsunami. Sehingga dibutuhkanlah suatu pengecekan kekuatan struktur bangunan gedung Fakultas Ekonomi yang berfungsi untuk memberikan informasi awal dalam melakukan peningkatan kekuatan bangunan.

Assessment struktur bangunan merupakan suatu kegiatan menilai, memeriksa, dan mengumpulkan data atau informasi terhadap kondisi struktur bangunan eksisting [3]. Kegiatan ini difokuskan pada analisis keandalan atau kekuatan struktur bangunan pasca gempa sesuai kondisi saat dilakukan pemeriksaan. Perbaikan bangunan biasanya dilakukan oleh pengelola bangunan supaya keutuhan dan kekuatan bangunan tetap terjaga. Kegiatan perbaikan bangunan biasanya dilakukan saat bangunan mengalami gangguan atau sudah lama tidak dilakukan perawatan sehingga bangunan tersebut diidentifikasi mengalami kerusakan struktur. Sebelum melakukan perbaikan diperlukan *assessment* bangunan untuk menganalisa kerusakan. *assessment* sebelum perbaikan ini dilakukan agar perbaikan bangunan dapat dilakukan dengan metode yang benar dan perbaikan menjadi lebih maksimal, serta tidak mudah terjadi kerusakan kembali.

Assessment bangunan dilakukan dengan dua metode yaitu metode pemeriksaan tanpa merusak dan metode pemeriksaan dengan merusak. Metode pemeriksaan tanpa merusak (*Non Destructive Test* / NDT) merupakan salah satu langkah pengujian terhadap konstruksi beton ataupun baja tanpa melakukan perusakan terhadap konstruksi baik secara struktur dan juga non struktur dalam pengambilan bahan uji atau pengujian langsung di lapangan. Disamping itu metode NDT dapat membantu penghematan biaya evaluasi bangunan dan mengurangi pengeboran beton inti pada bangunan [4]. Metode pemeriksaan dengan merusak (*Destructive Test* / DT) merupakan salah satu metode pengujian konstruksi baja ataupun beton dengan melakukan perusakan secara struktur dan juga non struktur dalam pengambilan bahan uji.

Menurut ref. [5] kerentanan bangunan merupakan sebuah faktor yang dapat meningkatkan kemungkinan suatu objek bangunan mengalami kerusakan atau kinerja bangunan belum terpenuhi sesuai yang diharapkan ketika terjadi bencana seperti gempa bumi. Sedangkan menurut ref. [6] mengatakan bahwa kerentanan bangunan merupakan ketidakmampuan suatu bangunan dalam menahan guncangan akibat tingkatan bahaya gempa tertentu yang terjadi. Struktur bangunan diharapkan kinerjanya maksimal agar mampu menjaga bangunan tidak runtuh ketika terjadi gempa. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkanlah upaya dalam mengurangi risiko dampak yang timbul akibat gempa, yaitu dengan merencanakan dan menciptakan bangunan yang tahan gempa di daerah yang memiliki kapasitas gempa yang tinggi.

Secara umum bangunan tahan gempa merupakan bangunan yang tidak akan mengalami kerusakan pada komponen struktur dan juga non struktur saat terjadi gempa bumi yang ringan. Jika terjadi gempa bumi berkekuatan sedang bangunan akan mengalami kerusakan pada komponen non strukturnya, akan tetapi komponen strukturnya tidak boleh mengalami kerusakan. Dengan pemahaman tersebut maka dapat dilakukan upaya pengurangan resiko bencana gempa bumi dengan menganalisis kerentanan suatu bangunan, sehingga dapat meminimalisir korban akibat reruntuhan bangunan.

Menurut ref. [7] tingkat kerentanan bangunan terhadap gempa bumi ditentukan berdasarkan nilai dari indeks resonansi bangunan dan indeks kerentanan bangunan. Indeks resonansi bangunan (R) ditentukan dengan persamaan berikut :

$$R = \left| \frac{f_b - f_t}{f_t} \right| \times 100\% \quad (1)$$

dengan, f_b adalah frekuensi natural bangunan, dan f_t adalah frekuensi tanah.

Klasifikasi nilai indeks resonansi menurut [7] adalah :

- (1) Resonansi bangunan rendah ($R > 25\%$)
- (2) Resonansi bangunan sedang ($15\% < R < 25\%$)
- (3) Resonansi bangunan tinggi ($R < 15\%$).

Jika indeks resonansi semakin kecil maka frekuensi natural bangunan semakin mendekati nilai frekuensi tanah sehingga semakin rawan mengalami resonansi gempa bumi yang dapat membuat kerusakan pada bangunan. Menurut ref. [8] bangunan dikatakan aman jika $f_b > f_t$, rawan jika $f_b = f_t$, dan bahaya jika $f_b < f_t$.

Nilai indeks kerentan bangunan (K_b) dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh [7] sebagai berikut :

$$K_b = \frac{A}{(2\pi f)^2} \frac{10000}{H} \quad (2)$$

dengan, A adalah amplifikasi dari analisis FSR, f adalah frekuensi natural bangunan, dan H adalah ketinggian bangunan.

Menurut ref. [6] Secara teknis beberapa faktor penyebab kerentanan bangunan adalah sebagai berikut:

- Lokasi / topografi berpotensi menyebabkan terjadinya perbedaan penurunan dan menghasilkan getaran yang lebih besar dibandingkan di kawasan dataran.
- Penggunaan bahan material dan bentuk dari bangunan yang tidak sesuai dengan yang direncanakan.
- Kualitas dari struktur bangunan yang digunakan tidak memadai dan tidak sesuai dengan tingkat kerawanan pada daerah setempat terhadap bencana gempa bumi.
- Kondisi atau keadaan bangunan yang sudah tidak terawat.

Menurut ref. [9] Nilai kemungkinan kerusakan setiap bangunan itu berbeda-beda, hal ini disebabkan karena jarak dari pusat gempa, kondisi tanah, topografi, dan jenis tanah yang terdapat di bawah masing - masing bangunan juga berbeda.

Gambar 1. Penyebab Kerentanan Bangunan
Sumber: Ref [6]

Gelombang seismik adalah gelombang yang merambat melalui bumi [10]. Sedangkan menurut ref. [11] gelombang seismik merupakan gelombang elastis yang merambat ke semua bagian pada bumi melewati permukaan bumi akibat adanya pengaruh dari lapisan batuan yang patah secara mendadak atau terjadi suatu ledakan. Gelombang ini merambat akibat perubahan struktur bumi, tekanan, dan tarikan bumi. Perambatan ini bergantung kepada sifat elastisitas batuan.

Gelombang seismik terdiri dari dua gelombang, yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan [12]. Gelombang badan merambat lewat bagian dalam permukaan bumi dan menyebar ke semua arah di dalam bumi. Gelombang badan terbagi menjadi dua, yaitu Gelombang primer dan gelombang sekunder. Gelombang primer terjadi akibat adanya tekanan dan bergerak 21.600 km/jam lebih cepat dari gelombang sekunder sehingga terdeteksi pertama oleh seismograf.

Gambar 2. Ilustrasi Gelombang Primer
Sumber: Ref [13]

Gelombang sekunder disebut juga dengan gelombang transversal. Gelombang sekunder merupakan gelombang yang arah getarannya tegak lurus dengan arah perambatan gelombang.

Gambar 3. Ilustrasi Gelombang Sekunder
Sumber: Ref [13]

Gelombang permukaan menjalar lebih pelan dari gelombang badan, tapi kerusakan yang ditimbulkan lebih besar. Gelombang permukaan dibagi menjadi dua, yaitu gelombang Rayleigh dan gelombang Love. Gelombang Rayleigh adalah gelombang permukaan yang gerakan partikel medianya merupakan kombinasi gerakan yang disebabkan oleh gelombang primer dan gelombang sekunder [14].

Gambar 4. Ilustrasi Gelombang Rayleigh
Sumber: Ref [13]

Gelombang Love adalah gelombang yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal, yaitu gelombang sekunder yang penjalarannya sejajar dengan permukaan.

Gambar 5. Ilustrasi Gelombang Love
Sumber: Ref [13]

Menurut ref. [8] mikrotremor merupakan getaran tanah yang mempunyai magnitudo yang kecil dan bersifat kontinyu dan *stasioner*. Sedangkan menurut ref. [15] mikrotremor juga dikenal dengan istilah getaran lingkungan yang berasal dari dua sumber utama yaitu alam dan manusia. Mikrotremor merupakan suatu getaran natural tanah dengan nilai perpindahan amplitudonya sekitar 0,1 – 1,0 mikron dengan kecepatan 0,001 – 0,01 cm/s yang dapat terdeteksi oleh alat seismograf tertentu ref. [15]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa mikrotremor tersebut adalah getaran tanah berkekuatan kecil yang disebabkan oleh adanya aktivitas buatan dan juga alami. Mikrotremor mempunyai nilai amplitudo sebesar 0,1 μm sampai 1 μm dengan jarak periodenya 0,05 hingga 2 detik. Mikrotremor berdasarkan jarak periodenya terbagi menjadi mikrotremor periode pendek dan mikrotremor periode panjang. Mikrotremor periode pendek berada pada periode kurang dari 1 detik. Periode ini hanya terhubung pada struktur bawah permukaan yang dangkal. Sementara itu, mikrotremor periode panjang berada pada periode lebih dari 1 detik dan terhubung dengan struktur yang lebih dalam menuju ke dasar batuan keras.

Gambar 6. Mikrotremor
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2021

2. Metode Penelitian

Penelitian ini membahas tentang *assessment* bangunan bertingkat yaitu Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang dengan pengujian gelombang seismik menggunakan alat bantu mikrotremor. Penelitian dilakukan dengan mengambil data seismik bangunan pada bulan Juli 2021 tanpa diberikan pengaruh dari luar seperti gaya atau beban. Kemudian data tersebut dianalisis menggunakan beberapa perangkat lunak untuk mendapatkan periode getar alami dari bangunan tersebut. Pengambilan data dilakukan di Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang yang beralamat di Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat.

Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian
Sumber: Peneliti, 2021

Gambar 8. Gedung Fakultas Ekonomi
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2021

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

a. *GPL*

Perangkat lunak *GPL* ini digunakan untuk mengubah data yang dihasilkan dari mikrotremor dalam bahasa komputer yang tidak mampu dimengerti oleh manusia ke dalam bentuk Excel.

b. *Cygwin*

Perangkat ini digunakan untuk mengubah data dari Excel menjadi ke dalam bentuk format .dat.

c. *Bido 2.02*

Perangkat *Bido 2.02* digunakan untuk mendapatkan nilai amplitudo dan frekuensi tanah serta lantai 1 pada bangunan.

d. *Matlab*

Matlab digunakan untuk mendapatkan nilai periode dan frekuensi lantai bangunan di atas lantai 1.

e. *GNUplot*

GNUplot merupakan program pendukung *Bido 2.02* untuk menampilkan hasil grafik HVSr.

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

a. Alat mikrotremor untuk pengambilan data seismik bangunan.

b. *Waterpass* untuk memposisikan alat dalam keadaan sejajar atau rata.

c. Kompas untuk mengarahkan posisi alat ke arah yang ditentukan ketika diletakkan.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan beberapa program, yaitu dengan tahapan pertama memasukkan data gelombang seismik bangunan yang dihasilkan dari pengecekan menggunakan alat mikrotremor ke program *GPL*. Pada program *GPL* ini data gelombang seismik yang awalnya berbentuk bahasa komputer dikonversi menjadi data dalam bentuk *excel*. Selanjutnya dikonversi lagi ke dalam bentuk format .dat menggunakan program *Cygwin*. Untuk pengecekan pada tanah dan lantai pertama, data ini selanjutnya dikonversi menggunakan program *Bido 2.02* untuk menghasilkan amplitudo dan frekuensi metode HVRs. Sedangkan untuk pengecekan pada lantai 2 dan seterusnya, data ini dikonversi menggunakan program *Fortran 95* untuk menghasilkan nilai periode dan frekuensi bangunan yang diuji.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Mikrotremor

Tahapan dalam melakukan pengambilan data seismik menggunakan alat mikrotremor adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan segala alat yang akan digunakan yaitu mikrotremor, waterpass, dan kompas.
2. Pastikan alat mikrotremor sedang dalam keadaan berisi daya dan memiliki ruang memori yang cukup.
3. Arahkan alat mikrotremor sesuai tanda pada alat menggunakan bantuan kompas.
4. Posisikan alat dalam keadaan datar menggunakan bantuan waterpass.
5. Buka tutup alat, kemudian hidupkan dengan menekan tombol 'on'.
6. Selanjutnya mulai lakukan perekaman data dengan menekan tombol 'start/end' kemudian tunggu selama 10 menit.
7. Setelah 10 menit, hentikan perekaman dengan menekan tombol 'start/end' kembali.
8. Lakukan hal yang sama pada setiap titik pengambilan data.

Data yang dihasilkan dari pengujian mikrotremor di lapangan adalah berupa data seismik yang bahasanya tidak mampu dimengerti oleh manusia. Oleh karena itu, diperlukan beberapa perangkat lunak untuk mengonversi data tersebut agar menghasilkan data frekuensi alami dari tanah dan bangunan yang diteliti. Perangkat lunak pertama yang digunakan adalah GPL yaitu untuk mengonversi data seismik ke dalam bentuk format *excel*. Selanjutnya dikonversi lagi menggunakan perangkat lunak *Cygwin* untuk menghasilkan data dalam bentuk format *.dat*. Hasil pada penelitian ini berupa bentuk sinyal mikrotremor dengan menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Hasil analisis sinyal tersebut berupa frekuensi alami serta amplitudo dari tanah dan bangunan yang diuji. Bentuk-bentuk sinyal mikrotremor dapat dilihat pada **Gambar 9**.

Gambar 9. Hasil FFT Mikrotremor Perekaman Pertama
Sumber: Hasil pengolahan *software* Matlab

Gambar 10. HVSr mikrotremor pada tanah perekaman pertama
Sumber: Hasil pengolahan *Software* Bido 2.02

Gambar 11. Hasil FFT mikrotremor perekaman kedua
Sumber: Hasil pengolahan *Software* Matlab

Gambar 12. HVSr mikrotremor pada tanah perekaman kedua
Sumber: Hasil pengolahan *Software* Bido 2.02

Untuk nilai frekuensi bangunan serta amplitudo dengan dua kali perekaman secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data frekuensi dan amplitudo bangunan

Lantai	Arah X					
	Perekaman Pertama		Perekaman Kedua		Rata-Rata	
	Frekuensi (Hz)	Amplitudo	Frekuensi (Hz)	Amplitudo	Frekuensi (Hz)	Amplitudo
1	3.97	5.45	3.98	5.24	3.97	5.34
2	4.03	11.73	3.42	0.77	3.73	6.25
3	4.12	18.43	3.45	0.51	3.79	9.47
4	3.97	11.12	3.40	1.16	3.68	6.14

Arah Y						
Lantai	Perekaman Pertama		Perekaman Kedua		Rata-Rata	
	Frekuensi (Hz)	Amplitudo	Frekuensi (Hz)	Amplitudo	Frekuensi (Hz)	Amplitudo
1	4.04	7.56	4.04	7.47	4.04	7.51
2	3.95	15.64	3.96	0.34	3.96	7.99
3	4.12	22.62	4.28	0.35	4.20	11.48
4	4.01	13.60	3.94	0.50	3.97	7.05

Arah Z						
Lantai	Perekaman Pertama		Perekaman Kedua		Rata-Rata	
	Frekuensi (Hz)	Amplitudo	Frekuensi (Hz)	Amplitudo	Frekuensi (Hz)	Amplitudo
1	3.86	3.15	3.83	3.03	3.84	3.09
2	3.98	7.87	3.34	3.94	3.66	5.90
3	4.15	7.15	1.53	2.83	2.84	4.99
4	1.58	7.35	3.40	4.68	2.49	6.02

Sumber: Hasil penelitian, 2021

Pengolahan Data

Dari grafik yang dihasilkan, dapatlah nilai frekuensi natural tanah dan frekuensi natural bangunan setiap lantai menurut arah x, y, dan z. Frekuensi natural tanah yang diukur di luar ruangan gedung fakultas ekonomi adalah 0,39 Hz untuk perekaman pertama dan 0,34 Hz untuk perekaman kedua, sehingga frekuensi natural tanah rata-rata adalah 0,36 Hz. Dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) dapatlah nilai tingkat resonansi dan kerentanan bangunan tiap lantai. Untuk hasil pengolahan data dapat dilihat dari **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil pengolahan data

Arah X						
Lantai	Tinggi Lantai (m)	Frekuensi Rata-Rata (Hz)	Amplitudo Rata-Rata	Resonansi (%)	Tingkat Resonansi	Kerentanan
1	4	3.97	5.34	991.82	Rendah	21.48
2	8	3.73	6.25	924.05	Rendah	14.28
3	12	3.79	9.47	941.10	Rendah	13.95
4	16	3.68	6.14	912.23	Rendah	7.18

Arah Y						
Lantai	Tinggi Lantai (m)	Frekuensi Rata-Rata (Hz)	Amplitudo Rata-Rata	Resonansi (%)	Tingkat Resonansi	Kerentanan
1	4	4.04	7.51	1009.97	Rendah	29.21
2	8	3.96	7.99	987.70	Rendah	16.18
3	12	4.20	11.48	1054.23	Rendah	13.77
4	16	3.97	7.05	992.65	Rendah	7.07

Arah Z						
Lantai	Tinggi Lantai (m)	Frekuensi Rata-Rata (Hz)	Amplitudo Rata-Rata	Resonansi (%)	Tingkat Resonansi	Kerentanan
1	4	3.84	3.09	956.91	Rendah	13.24
2	8	3.66	5.90	906.19	Rendah	13.97
3	12	2.84	4.99	681.44	Rendah	13.05
4	16	2.49	6.02	584.81	Rendah	15.37

Sumber: Hasil penelitian, 2021

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan, tingkat resonansi gedung Fakultas Ekonomi UNP terbilang rendah karena nilainya yang besar dari 25% sesuai dengan klasifikasi nilai indeks resonansi menurut ref. [4] adalah sebagai berikut:

- (1) Resonansi bangunan rendah ($R > 25\%$)
- (2) Resonansi bangunan sedang ($15\% < R < 25\%$)
- (3) Resonansi bangunan tinggi ($R < 15\%$)

Kondisi gedung Fakultas Ekonomi UNP terbilang masih aman, karena nilai frekuensi natural bangunan rata-rata arah $X = 3,792$ Hz, arah $Y = 4,042$ Hz, dan arah $Z = 3,210$ Hz lebih besar dari nilai rata-rata frekuensi natural tanah, sesuai dengan klasifikasi menurut ref. [8] bahwa bangunan dikatakan aman jika $f_b > f_t$, rawan jika $f_b = f_t$, dan bahaya jika $f_b < f_t$.

4. Kesimpulan

Hasil frekuensi natural rata-rata gedung Fakultas Ekonomi UNP untuk arah $X = 3.79$ Hz, arah $Y = 4,04$ Hz, dan arah $Z = 3,31$ Hz sehingga sudah sesuai dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI (2002) yaitu lebih dari 2,78 Hz. Indeks Resonansi gedung Fakultas Ekonomi UNP berkisar antara 584.81%-1054.23% sehingga berada dalam kategori rendah mengalami resonansi saat terjadi gempa bumi karena nilainya $>25\%$. Indeks kerentanan gedung Fakultas Ekonomi UNP berkisar antara 7.07–29.21 dengan nilai paling besar terdapat pada lantai 1 sehingga lantai 1 menjadi lantai yang paling rentan.

5. Saran

Pada saat pengambilan data menggunakan alat mikrotremor di gedung Fakultas Ekonomi UNP, peneliti melakukan pengambilan data yaitu pada siang hari, sebaiknya untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti pengambilan data dilakukan pada waktu malam atau jauh dari keramaian. Berdasarkan hasil pemeriksaan dan pengolahan data bangunan, keadaan gedung Fakultas Ekonomi UNP terbilang masih aman. Namun saran untuk pihak kampus UNP tetap lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan rutin untuk gedung Fakultas Ekonomi UNP ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] H. Murtianto, Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat dan Sekitarnya, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia, 2016.
- [2] B. Mustafa, "Analisis Gempa Nias Dan Gempa Sumatera Barat Dan Kesamaannya Yang Tidak Menimbulkan Tsunami," *Jurnal Ilmu Fisika*, p. 44, 2010.
- [3] Candra, Assessment Struktur Bangunan SDN 28 Air TawarTimur Padang, Padang: Universitas Negeri Padang, 2021.
- [4] E. Juliafad, Investigasi Kerusakan Pada Bangunan Beton Bertulang, Depok: Rajawali Pers, 2020.
- [5] Intan Putra Perdana, Iman Satyarno, Ashar Saputra, "Evaluasi Kerentanan Bangunan Rumah Masyarakat Terhadap Gempabumi Di Desa Wisata Bugisan Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten," p. 3, 2017.
- [6] M. Heri zulfiar, Rizal Z. Tamin, Krishna S. Pribadi, Iswandi Imran, "Identifikasi Faktor Dominan Penyebab Kerentanan Bangunan Di Daerah Rawan Gempa, Provinsi Sumatera Barat," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, p. 123, 2014.
- [7] Urip Nurwijayanto Prabowo, Widodo Budhi, Ayu Fitria Amalia, "Analisis Mikrotremor Untuk Mengevaluasi Kerentanan Gempa Bumi Ruangan Prodi Pendidikan Fisika UST," *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, pp. 10 - 16, 2020.
- [8] A. Wahyuni, "Pengukuran Frekuensi Natural Pada Gedung Bertingkat Menggunakan Accelerometer GPL - 6A3P," *JFT*, 2014.
- [9] A. S. Bawono, "Studi Kerentanan Bangunan Akibat Gempa : Studi Kasus Perumahan Di Bantul," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, p. 96, 2016.
- [10] Agus Rahmad Timor, Hanalde Andre, Ariadi Hazmi, "Analisis Gelombang Elektromagnetik Dan Seismik Yang Ditimbulkan Oleh Gejala Gempa," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, p. 319, 2016.
- [11] D. Siska, "Kaitan Antara Teori Gelombang Dan Jalur Rekahan Gempa Bumi Melalui Array Response Function," *Teori Gelombang dan Jalur Rekahan Gempa Bumi*, p. 157, 2015.
- [12] Sunarjo, M. Taufik Gunawan, Sugeng Pribadi, Gempa Bumi Edisi Populer, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012.
- [13] Z. Utami, Analisis Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Pengukuran Sinyal Mikrotremor di Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2017.
- [14] H. S. Febrina, Analisis Kerentanan Bangunan Dengan Pengujian Mikrotremor Studi Kasus Di Daerah Rawan Pergerakan Tanah, Semarang: FMIPA, Universitas Negeri Semarang, 2017.

-
- [15] U. Habibah, Karakteristik Mikrotremor Berdasarkan Analisis Spektrum, Tfa (Time Frequency Analysis) Dan Analisis Seismisitas Pada Kawasan Jalur Sesar Opak, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2016.