

## ASSESSMENT TINGKAT KERENTANAN BANGUNAN BALAI KOTA PADANG SEBAGAI BANGUNAN CAGAR BUDAYA DENGAN RAYLEIGH WAVE

Rusnardi Rahmad Putera<sup>1</sup>, M.Iqbal<sup>2</sup>, Eka Juliafad<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitas Negeri Padang, Fakultas Teknik, Departemen Teknik Sipil

<sup>2</sup> Universitas Negeri Padang, Fakultas Teknik, Departemen Teknik Sipil

<sup>3</sup> Universitas Negeri Padang, Fakultas Teknik, Departemen Teknik Sipil

Email: mhmdiqbal791@gmail.com

**Abstrak:** Kota Padang merupakan daerah dengan potensi gempa yang tinggi. Gempa yang mempunyai dampak yang besar adalah gempa yang terjadi tahun 2009 silam dengan kekuatan 7,6 SR. Pasca gempa tersebut bangunan Balai Kota Padang Lama belum diketahui kerentanannya terhadap gempa. Maka dari itu perlu diketahui kerentanan Bangunan Balai Kota Padang Lama yang merupakan bangunan cagar budaya dengan metode *Rayleigh wave* dengan bantuan *mikrotremor*. Penelitian ini dilakukan dengan perhitungan frekuensi natural bangunan yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan bangunan Balai Kota Padang Lama pasca gempa. Hasil penelitian menunjukkan nilai drift angle pada bangunan Balai Kota Padang Lama untuk gempa Padang 2009 ( $\alpha = 398$  gal) pada lantai 1 adalah 0,00369 untuk arah x (EW) dan 0,00309 untuk arah y (NS), pada lantai 2 nilai drift angle 0,00138 untuk arah x (EW) dan 0,00274 untuk arah y (NS). Dengan nilai drift angle bangunan Balai Kota Padang lama untuk gempa Padang ( $\alpha = 398$  gal) memenuhi nilai drift angle izin yaitu 0,005-0,01 dimana bangunan akan runtuh pada nilai 0,005-0,01 sehingga dapat dikatakan bangunan Balai Kota Padang aman terhadap gempa.

**Kata Kunci :** Kerentanan, Mikrotremor, *Rayleigh Wave*

**Abstract :** Padang City is an area with high earthquake potential. The earthquake that had a large impact was an earthquake that occurred in 2009 with a magnitude of 7.6 on the Richter Scale. After the earthquake, the susceptibility of the Padang Lama City Hall building is not yet known. Therefore, it is necessary to know the vulnerability of the Padang Lama City Hall Building which is a cultural heritage building using the *Rayleigh wave* method with the help of *microtremor*. This research was conducted by calculating the natural frequency of the building which aims to determine the level of vulnerability of the Padang Lama City Hall building after the earthquake. The results showed that the drift angle value of the Padang Lama City Hall building for the 2009 Padang earthquake ( $\alpha = 398$  gal) on the 1st floor was 0.00369 for the x direction (EW) and 0.00309 for the y direction (NS), on the 2nd floor the value drift angle is 0.00138 for the x direction (EW) and 0.00274 for the y direction (NS). With the drift angle value of the old Padang City Hall building for the Padang earthquake ( $\alpha = 398$  gal) it meets the allowable drift angle value of 0.005-0.01 where the building will collapse at a value of 0.005-0.01 so it can be said that the Padang City Hall building is safe against earthquakes. .

**Keywords:** Vulnerability, Microtremor, *Rayleigh Wave*

### PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan pada tanah yang diakibatkan oleh tabrakan dua lempeng bumi atau meletusnya gunung api (Murtianto, 2016). Gempa bumi sendiri dapat digolongkan

menjadi 2 (dua), yaitu gempa tektonik dan gempa vulkanik. Gempa tektonik merupakan gempa yang diakibatkan oleh gesekan dua lempeng. Gempa vulkanik adalah gempa yang diakibatkan oleh kegiatan gunung api. Provinsi Sumatera Barat merupakan daerah di Indonesia yang termasuk ke

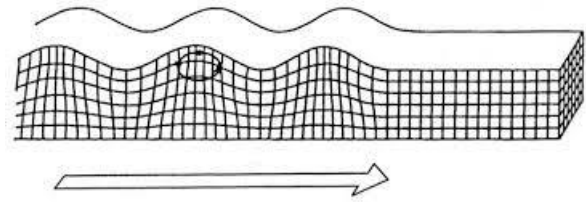
dalam daerah rawan gempa. Hal ini dikarenakan provinsi Sumatera Barat berada di kawasan pertemuan lempeng Eurasia dan Australia. Gempa yang paling membekas bagi masyarakat Sumatera Barat yaitu gempa yang terjadi pada tahun 2009 silam dengan kekuatan 7,6 SR yang merobohkan ratusan ribu bangunan di lepas pantai Sumatera Barat terutama daerah kota Padang dan sekitarnya. Kota Padang merupakan salah satu wilayah yang terdampak akibat gempa besar tersebut. Hampir sebagian besar bangunan di Kota Padang mengalami kerusakan akibat gempa meliputi bangunan pemerintahan, bangunan perkantoran, bangunan kesehatan, perumahan dan fasilitas umum. Salah satu bangunan pemerintahan yang terdampak akibat gempa adalah bangunan Balai Kota Padang Lama. Dampak dari gempa tersebut menyebabkan kerusakan pada bangunan Balai Kota Padang Lama sekitar 30% meliputi kerusakan bagian tangga, bagian kolom, dinding pecah dan retak. semua kerusakan tersebut sebagian besar telah diperbaiki. Kerusakan pada tangga dan kolom telah diperbaiki, tinggal retak-retak pada dinding yang belum diperbaiki (Nurmatias, 2018). Setelah di perbaiki bangunan Balai Kota Padang dirasa perlu dilakukan pengecekan kekuatan struktur terutama untuk mengetahui frekuensi alami / kerentanan bangunan tersebut. Hal ini dirasa perlu guna mengetahui apakah bangunan Balai Kota Padang Lama aman terhadap gempa.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat kerentanan bangunan Balai kota Padang Lama sebagai bangunan *heritage* di kota Padang pasca gempa dengan menggunakan *rayleigh wave*.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang diakibatkan oleh gerakan tanah secara tiba-tiba atau terjadi letusan yang terjadi baik didalam maupun dipermukaan bumi yang bersifat elastis (Satriyo, 2010). Gelombang seimik terdiri dari dua gelombang utama, yaitu *body waves* dan *surface waves* (Satriyo, 2010). Gelombang *rayleigh* adalah jenis gelombang permukaan yang terjadi akibat gabungan gelombang tekan dan gelombang geser secara konstruktif (Rohmatul Aminah, Sungkono, 2015). Efek dari rambatan gelombang *rayleigh* tidak terlalu besar hanya pada bagian yang dekat dengan permukaan (subsurface). Gelombang *rayleigh* dapat menjaral pada permukaan bebas medium berlapis maupun homogen. Gelombang *rayleigh* mempunyai kecepatan berkisar 2,0 km/s hingga 4,2 km/s di dalam bumi (Hidayati, 2010).



Gambar 1. Ilustrasi Gelombang Rayleigh

### 2. Mikrotremor

Mikrotremor merupakan gerakan harmonik alami tanah dengan amplitudo rendah antara 0,1 – 1 mikron yang terjadi secara terus menerus terjadi akibat adanya gerakan bawah permukaan (Satria Subkhi Arifin, Bagus Sapto Mulyatno, Marjiyono, 2014).



Gambar 2. Alat Mikrotremor

Pengukuran mikrotremor adalah metode yang baik untuk menilai dinamika fitur struktural dan indeks kerentanan bangunan. (Hadianfard dkk, 2017). kerentanan bangunan adalah faktor-faktor yang dapat mengakibatkan suatu bangunan mengalami kerusakan apabila terjadi gempa (Perdana et al., 2018).

### 3. Assessment Bangunan

*Assessment* struktur bangunan difokuskan pada analisis kekuatan suatu bangunan pasca gempa sesuai dengan kondisi bangunan pada saat pemeriksaan dengan mempertimbangkan SNI 1726 2019 tentang kegempaan.

Didalam proses *assessment* struktur bangunan terdapat berbagai cara yaitu :

- a. *Non destructive test* (NDT), merupakan proses pemeriksaan struktur bangunan dalam pengambilan sampel atau benda uji tidak merusak konstruksi beton ataupun baja.
- b. *Destructive test* (DT), merupakan proses pemeriksaan struktur bangunan dalam pengambilan sampel atau benda uji merusak konstruksi beton ataupun baja.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di bangunan Balai Kota Padang yang merupakan bangunan cagar budaya.

Bangunan ini selesai dibangun pada tahun 1936 yang lalu. Pengecekan kerentanan bangunan ini dilakukan dengan metode HVSR (*Harizontal-vertical spectral ratio*), metode FSR (*Floor Spectral Ratio*) dan metode RDM (*Random Decrement Method*).

Penggunaan metode HVSR ini diperuntukkan mencari Frekuensi natural tanah (Nakamura, 1989). Berikut dilampirkan rumus metode HVSR dengan persamaan (1) :

$$HVRS = \sqrt{\frac{F_{NSi}(\omega)^2 + F_{EWi}(\omega)^2}{F_{UDi}(\omega)^2}} \quad (1)$$

Keterangan:

$F_{NSi}$  = *Fourier amplitude* untuk utara - selatan (NS)

$F_{EWi}$  = *Fourier amplitude* untuk timur - barat (EW)

$F_{UDi}$  = *Fourier amplitude* untuk atas - down (UD)

$\omega$  = Frekuensi angular

Menurut Maimun,(2020) nilai kerentanan seimik ( $K_g$ ) dapat dihitung dengan rumus :

$$K_g = \frac{A^2}{F_o} \quad (2)$$

Keterangan :

$K_g$  = Kerentanan Seismik

A = Amplifikasi

$F_o$  = Frekuensi Natural

Metode FSR ini nantinya akan berhubungan metode RDM (*Random Decrement Method*) dikarenakan frekuensi natural dan redaman berbanding lurus dengan kekuatan bangunan (Sato,2008). Kerentanan bangunan dapat dihitung setelah diperolehnya nilai frekuensi natural dan amplitude dengan rumus :

$$K_b = \frac{A}{(2\pi F_o)^2} \times \frac{10000}{H} \quad (3)$$

Keterangan :

$K_b$  = Kerentanan Bangunan

A = Amplifikasi

$F_o$  = Frekuensi Natural Bangunan

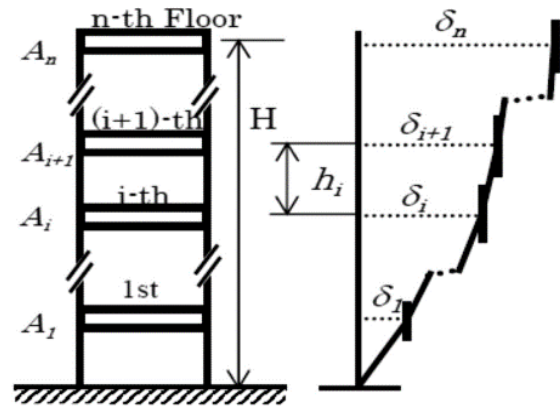
H = Tinggi Bangunan

kerentanan struktur terhadap bencana gempa dapat diperkirakan dengan sudut drift. Peforma deformasi dan derajat amplifikasi dapat diperkirakan dari karakteristik dinamik struktur. Frekuensi natural mempunyai pengaruh terhadap kerusakan gempa (Sato, 2008). Displacement  $\delta_i$  lantai i diperkirakan dari frekuensi alami primer F dan amplitudo  $A_i$  lantai i dengan persamaan berikut.

$$\delta_i = \frac{A \times \alpha}{(2\pi F)^2} \quad (4)$$

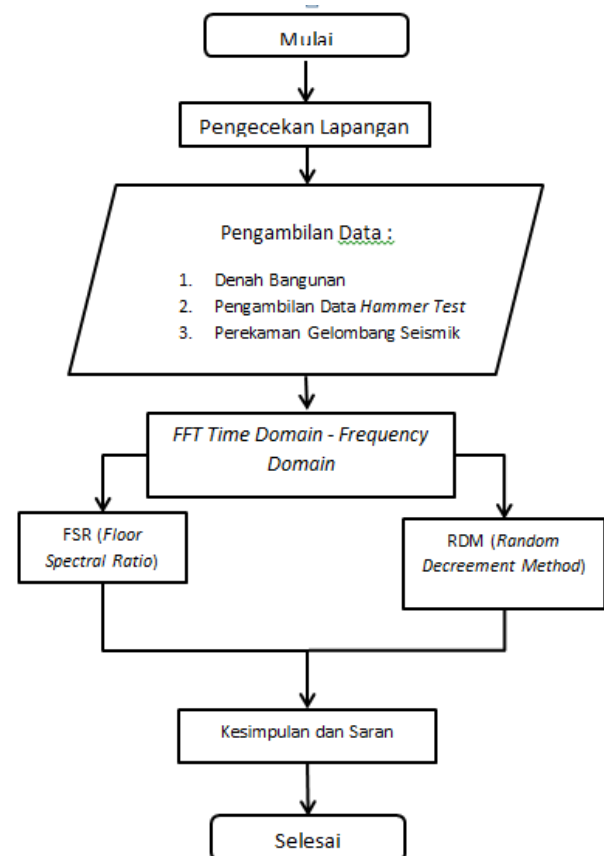
sehingga nilai sudut drift dapat ditentukan sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} \gamma_i &= (\delta_{i+1} - \delta_i) / h_i \\ &= \Delta A_i \times \alpha / (2\pi F)^2 / h_i \\ &= e \times K_{bi} \times a \end{aligned} \quad (5)$$



Gambar 3. Ilustrasi *Dispalcement* pada Gedung (Sumber : Sato, 2008)

Di dalam sebuah penelitian diperlukannya rancangan tahap penelitian yang biasanya disebut dengan diagram alir, berikut merupakan diagram alir dari penelitian ini :



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan pengolahan data frekuensi tanah dengan metode HVRs sebagai berikut :

Perhitungan HVRs Tanah		
Titik Penelitian	Frekuensi (HZ)	Amplifikasi
	Fo	Ao
05 (Tanah)	0,389	2,11

**Tabel 1. Perhitungan Kerentanan Tanah**

**Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Frekuensi Natural**

No	Klasifikasi	F <sub>0</sub>	Klasifikasi kanai	Deskripsi
1	Tipe IV	6,6 - 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan Hard sandy, gravel, dll	ketebalan sedimen sangat tipis didominasi oleh batuan keras
2	Tipe III	10 - 4	Batuan alluvial dengan ketebalan 5m. Terdiri dari sabyd-gravel, sandy hard clay, loam, dll	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5-10 meter
3	Tipe II	2,5 - 4	Batuan alluvial dengan ketebalan >5m. Terdiri dari sabyd-gravel, sandy hard clay, loam, dll	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori tebal sekitar 10-30 meter
4	Tipe I	< 2,5	Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa dengan frekuensi natural tanah pada bangunan Balai Kota Padang Lama  $f_0=0,389$  HZ maka klasifikasi tanah pada bangunan Balai Kota Padang Lama tersebut yaitu tipe 1 (Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll).

Setelah semua data seismik diolah dengan metode FSR sehingga didapatkan nilai frekuensi dan amplitudo kemudian dihitung rata-rata perlantai sesuai dengan arah x (EW) dan y (NS).

**Tabel 3. Data Frekuensi dan Amplitudo Arah EW dan NS**

Arah x (EW)							
Lantai	Tinggi	Titik Penelitian				Rata-rata	
		Perekaman pertama (A)		Perekaman kedua (B)			
		fo	Ao	fo	Ao	fr	Ar
1	4,63	3,27	2,35	3,39	2,63	3,33	2,49
2	9,26	3,74	2,59	4,45	3,03	4,095	2,81

Arah y (NS)							
Lantai	Tinggi	Titik Penelitian				Rata-rata	
		Perekaman pertama (A)		Perekaman kedua (B)			
		fo	Ao	fo	Ao	fr	Ar
1	4,63	3,29	2,12	3,57	2,3	3,43	2,21
2	9,26	3,89	5,74	3,35	3,01	3,62	4,375

Nilai frekuensi yang di dapatkan dari metode RDM terhadap arah EW dan NS dapat dilihat di table berikut :

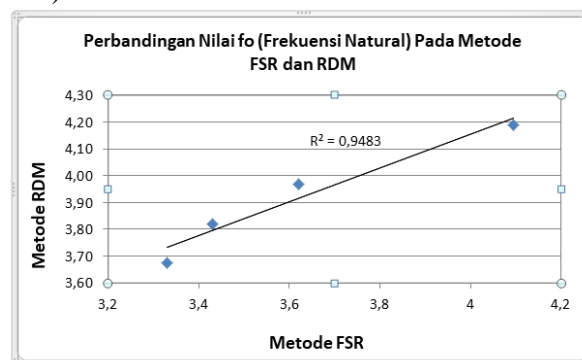
**Tabel 4. Data Frekuensi dan Persentase Redaman Arah EW**

Metode RDM					
Arah x (EW)					
Lantai	Tinggi	Titik Penelitian			
		A		B	
		fo (Hz)	z (%)	fo (Hz)	z (%)
1	4,63	3,69	15,3	3,66	11,1
2	9,26	4,14	10,34	4,24	11,72

**Tabel 5. Data Frekuensi Dan Persentase Redaman Arah NS**

Metode RDM					
Arah y (NS)					
Lantai	Tinggi	Titik Penelitian			
		A		B	
		fo (Hz)	z (%)	fo (Hz)	z (%)
1	4,63	3,82	9,62	3,82	11,8
2	9,26	4,22	9,41	3,72	17,4

Kemudian Frekuensi hasil dari metode FSR dan RDM di bandingkan guna mengetahui kevalidan data yang diambil. Dari Grafik dibawah ini dapat diketahui bahwa nilai  $R^2 = 0,9483$  yang menyatakan bahwa data yang diperoleh dari metode FSR dan RDM hampir sama (mendekati satu).



**Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai f<sub>0</sub> Metode FSR Dengan RDM**

Selanjutnya, rekapitulasi perhitungan untuk percepatan maksimum, *displacement* dan *drift angle* yang dihitung dengan metode FSR pada setiap lantai untuk gempa 2009 ( $\alpha = 398$  gal) dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6. Rekapitulasi analisis percepatan maksimum, displacement dan drift angle pada Arah EW**

Metode FSR				
Arah x				
kb	c	$\alpha$	$\delta$	$\gamma$
12,297	0,5	398	2,266	0,00245
4,588	0,5	398	1,691	0,00091

**Tabel 7. Rekapitulasi analisis percepatan maksimum, displacement dan drift angle pada Arah NS**

Metode FSR				
Arah y				
kb	c	$\alpha$	$\delta$	$\gamma$
10,287	0,5	398	1,896	0,00205
9,142	0,5	398	3,369	0,00182

Nilai kerentanan bangunan Balai Kota Padang lama paling tinggi berada di lantai 1 arah x (EW) yaitu 12,297 dan nilai kerentanan bangunan paling rendah berada di lantai 2 arah x (EW) yaitu 4,588. nilai drift angle pada bangunan Balai Kota Padang lama untuk gempa Padang ( $\alpha = 398$  gal) pada lantai 1 adalah 0,00369 untuk arah x (EW) dan 0,00309 untuk arah y (NS), pada lantai 2 nilai *drift angle* bangunan Balai Kota Padang adalah 0,00138 untuk arah x (EW) dan 0,00274 untuk arah y (NS). Diperkirakan sebuah struktur akan runtuh dengan nilai *drift angle* 0,005 – 0,001 (Sato et al., 2008).

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bangunan Balai Kota Padang aman terhadap gempa dengan nilai kerentanan berkisar 4,6 – 12,3 Hz. Penelitian ini juga selaras dengan Sato (2008) yang menyatakan bahwa bangunan diperkirakan akan runtuh dengan nilai *drift angle* berkisar 0,005-0,01 dimana bangunan Balai Kota Padang lama untuk gempa Padang ( $\alpha = 398$  gal) nilai *drift angle* berkisar 0,0091 – 0,00245 sehingga dapat disimpulkan Bangunan Balai Kota Padang Lama aman terhadap gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

Maimun, A. K., Silvia, U. N., & Ariyanto, P. (2020). *Analisis Indeks Kerentanan Seismik, Periode Dominan, Dan Faktor Amplifikasi Menggunakan Metode Hvsr Di Stage of Tangerang. ... Meteorologi Klimatologi ...*, 7(2), 24–30. <https://jurnal.stmkg.ac.id/index.php/jmkg/article/view/194>

Perdana, I. P., Satyarno, I., & Saputra, A. (2018).

*Evaluasi Kerentanan Bangunan Rumah Masyarakat terhadap Gempa Bumi di Desa Wisata Bugisan Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten*. Mahasiswa Program Studi MTPBA Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No.2 Yogyakarta Intanputra13@gmail.Com, 2, 1–12.

Putra, R. R., & Saputra, D. (2022). *Assessment Tingkat Kerentanan Bangunan Bertingkat di Kampus Universitas Negeri Padang Menggunakan Gelombang Rayleigh*. VII(1), 2638–2648.

Sato, T., Nakamura, Y., & Saita, J. (2008). *The change of the dynamic characteristics using microtremor*. The 14 Th World Conference on Earthquake Engineering, September 1999, 12–17.

Winiarti, S., Saputro, M. Y. A., & Sunardi, S. (2021). *Deep Learning dalam Mengidentifikasi Jenis Bangunan Heritage dengan Algoritma Convolutional Neural Network*. Jurnal Media Informatika Budidarma, 5(3), 831. <https://doi.org/10.30865/mib.v5i3.3058>

Murtianto, H. (2016). *Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya*. Jurnal Geografi Gea, 10(1). <https://doi.org/10.17509/gea.v10i1.1667>

Rohmatul Aminah, Sungkono, B. J. S. (2015). *Pengembangan Inversi Gelombang Rayleigh pada Gibson Half-Space Berbasis Levenberg-Marquardt (L-M) dan Singular Value Decomposition (SVD)*. Jurnal Sains Dan Seni Pomits, 1(1), 1–10.

Satria Subkhi Arifin, Bagus Sapto Mulyatno, Marjiyono, R. S. (2014). *Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi Hvsr Mikrotremor Dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya*. Geofisika Eksplorasi, 2(1), 17.

