

ASSESSMENT TINGKAT KERENTANAN BANGUNAN BERTINGKAT DI GEDUNG KLINIK KESEHATAN PRODIA PADANG MENGGUNAKAN RAYLEIGH WAVE

Rusnardi Rahmat Putra¹, Resti Khumairah²

^{1,2} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, 25132, Indonesia

Email: rusnardi.rahmat@ft.unp.ac.id

Abstrak: Assesment tingkat kerentanan bangunan telah dilakukan pada gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang, Dengan menggunakan alat mikrotremor, data utama dari penelitian ini berupa data gelombang seismik yang telah diolah melalui serangkaian perangkat lunak seperti GPL, Cygwin, Bido 2.02, dan Geopsy. Proses pengolahan ini menghasilkan nilai-nilai frekuensi alami dari struktur bangunan yang sedang diteliti. Metode penelitian ini mencakup penggunaan metode FSR (Floor Spectral Ratio) untuk mengestimasi berbagai parameter transfer fungsi (seperti amplifikasi, frekuensi alami, dan indeks kerentanan), serta metode RDM (Random Decrement Method) untuk mengkarakterisasi sifat dinamik dari bangunan (seperti rasio redaman dan frekuensi alami). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara metode FSR dan RDM sangat kuat, menghasilkan rasio redaman yang akurat melalui validasi frekuensi alami yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Dalam konteks hasil penelitian ini, ditemukan nilai frekuensi alami dari metode FSR 2.92 – 3.80 Hz dan hasil RDM 4.01 – 4.24 Hz. Dengan metode HVSR, frekuensi natural tanah, diperoleh nilai frekuensi natural (f_0) sebesar 0,399392 Hz dan Amplifikasi (A_0) sebesar 0,50324. Untuk kerentanan pada tanah menunjukkan bahwa di sekitar area gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang, memiliki kecenderungan kerusakan yang lebih rendah jika terjadi gempa. Berdasarkan perhitungan drift angle dapat disimpulkan bahwasanya lantai 4 gedung klinik kesehatan prodia kota Padang dengan arah x, memiliki resiko rusak yang lebih tinggi dibandingkan lantai lainnya jika merespon getaran gempa dengan seismic motion (α) 398 gal dan 450 gal.

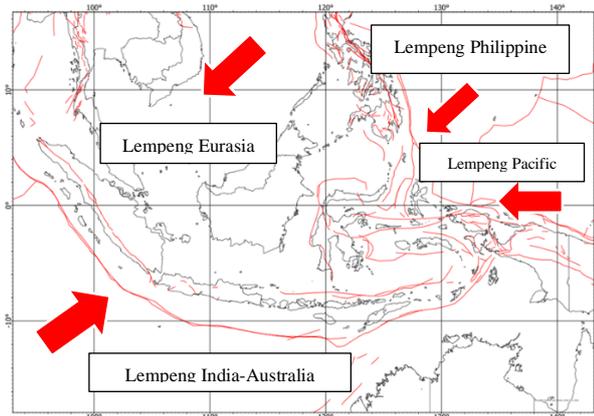
Kata Kunci : Kerentanan;Mikrotremor;gelombang seismik; FSR; RDM; HVSR

Abstract : An assessment of the building's vulnerability level was carried out in the Prodia Health Clinic building, Padang City, with the help of a microtremor device. The primary data for this research is in the form of seismic wave data which is processed using GPL software, Cygwin, Bido 2.02, Geopsy, and produces natural frequency values for the buildings studied. This study uses the FSR (Floor Spectral Ratio) method to estimate the transfer function (amplification, natural frequency, and susceptibility index) and the RDM (Random Decrement Method) method for the dynamic characteristics of the building (damping ratio and natural frequency). Based on research data, the relationship between FSR and RDM is very close so it produces an accurate damping ratio from natural frequency validation on FSR and RDM. The results of this study, the natural frequency value of the FSR is 2.92 – 3.80 Hz and the RDM results are 4.01 – 4.24 Hz. With the HVSR method, the natural frequency of the soil, the value of the natural frequency (f_0) is 0.399392 Hz and the Amplification (A_0) is 0.50324s. The highest vulnerability index value is on the first floor of the clinic building. The vulnerability of the soil shows that around the Prodia Health Clinic building in Padang City, there is a tendency for lower damage in the event of an earthquake. Based on the drift angle calculations, it can be concluded that the 4th floor of the Prodia Health Clinic building in Padang city, in the x-direction, carries a higher risk of damage compared to other floors when responding to seismic motions (α) of 398 gal and 450 gal.

Keyword : *vulnerability, Microtremor, seismic waves, FSR, RDM, HVSR*

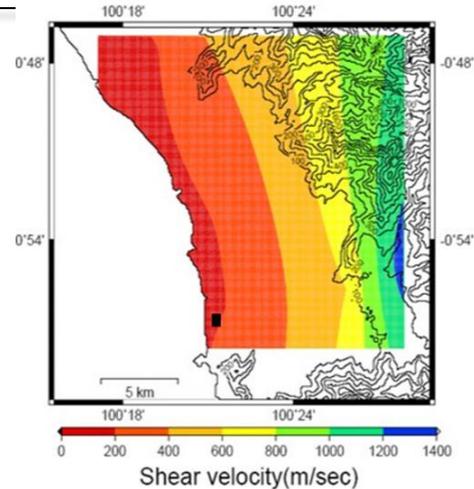
PENDAHULUAN

Sumatra Barat adalah salah satu wilayah yang berisiko gempa di Indonesia, hal ini dilatarbelakangi oleh letak geografisnya yang terletak di zona subduksi aktif antara lempeng indo-australia dan lempeng eurasia. Wilayah ini juga terletak di sepanjang patahan sesar Semangko yang masih aktif dan berpotensi menyebabkan gempa bumi. Patahan Semangko ini terus bergerak setiap tahunnya dan memiliki potensi yang signifikan untuk menyebabkan gempa dengan dampak serius (Putra, 2022)



Gambar 1. Peta Tektonik Aktif Kawasan Indonesia

Salah satu peristiwa gempa besar yang bersejarah adalah gempa bumi yang terjadi pada tahun 2009. Gempa di Sumatra Barat pada tahun tersebut mengakibatkan dampak yang sangat parah terhadap infrastruktur dan bangunan, serta menelan banyak korban jiwa. Kota Padang menjadi salah satu yang paling terdampak, dengan banyak bangunan mengalami kerusakan struktural yang serius. Mulai dari rumah-rumah penduduk hingga bangunan komersial, bahkan gedung-gedung bertingkat, semuanya mengalami retak, keretakan, bahkan sebagian hingga seluruhnya ambruk. Gempa bumi di Sumatra Barat pada tahun 2009 menyebabkan lebih dari 1200 nyawa melayang, banyak di antaranya kehilangan nyawa karena tertimpa reruntuhan bangunan dan terkubur di bawah puing-puing (Putra, 2022)



Gambar 2. Shear Velocity Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang

Klinik kesehatan Prodia Kota Padang menjadi salah satu bangunan yang terdampak oleh gempa ini, bangunan ini telah berdiri sejak tahun 2001. Pada gempa Padang 30 september tahun 2009 bangunan ini hanya mengalami keretakan dan tidak ambruk, bangunan prodia hanya direnovasi tetapi tidak dirombak secara keseluruhan, dan tanpa melakukan assesment terlebih dahulu, sehingga bangunan ini sangat memungkinkan mengalami penurunan kekuatan struktur. Evaluasi bangunan menjadi keharusan untuk mengidentifikasi sejauh mana kerentanan bangunan terhadap gempa bumi yang telah diprediksi.

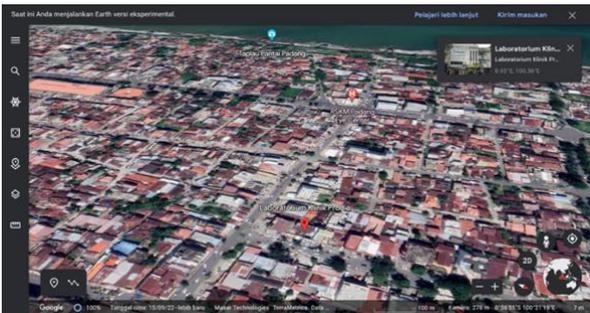
Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengkaji bangunan empat lantai yang terletak di zona rawan gempa dengan tanah lunak dan memiliki fungsi sebagai fasilitas kesehatan. Penelitian ini mengusulkan sebuah metode evaluasi kerentanan yang komprehensif dengan memanfaatkan pengamatan mikrotremor tunggal, dengan hasilnya bertujuan untuk menilai indeks kerentanan dan rasio redaman untuk bangunan yang telah dipilih, yang berlokasi di area rawan gempa. Frekuensi alami diperoleh melalui analisis spektrum arah horizontal (utara-selatan dan timur-barat) untuk setiap lantai. Dalam penelitian ini, menggunakan gempa Padang 30 September 2009, yang memiliki PGA sebesar 380 gal, dan 450 gal untuk prediksi yang lebih tinggi sebagai input gerakan tanah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan alat mikrotremor, Perekaman telah dilakukan pada bulan mei tahun 2023 di Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang yang terletak di Jalan Pattimura No 3A, Kota Padang, Sumatera Barat.



Gambar 3. Tampak Depan Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang



Gambar 4. Lokasi Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang

Tabel 1. Keterangan Bangunan

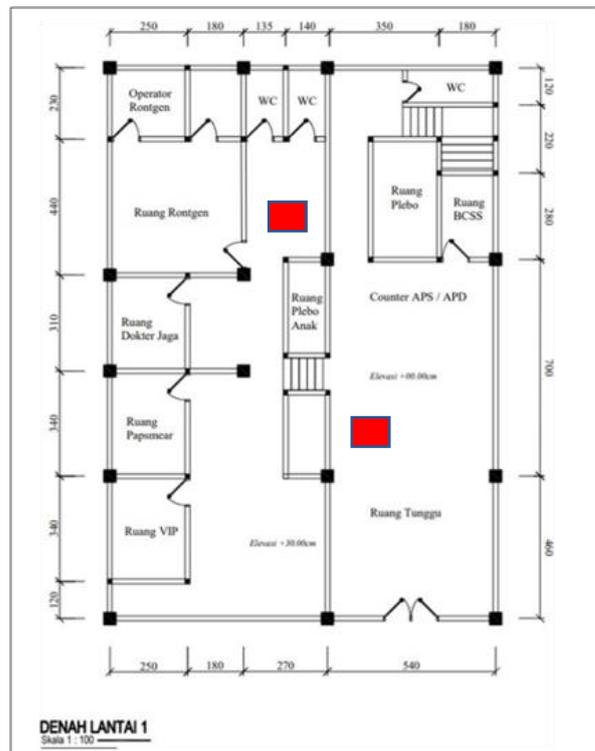
Tipe Komponen	Keterangan
Fungsi Bangunan	Gedung Kesehatan, Laboratorium Medis
Jumlah Lantai	4 Lantai
Tinggi Bangunan	11.2 m
Tipe Struktur	Beton Bertulang
Luas Bangunan	237,5 m ²
Luas Lantai Total	772,5 m ²
Tahun Didirikan	2001
Mutu Beton (Fc')	38.83 Mpa
Jenis Tanah	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi deta, top soil, lumpur, dan lainnya. Kedalaman $\geq 30m$

	lumpur, dan lainnya. Kedalaman $\geq 30m$
--	---

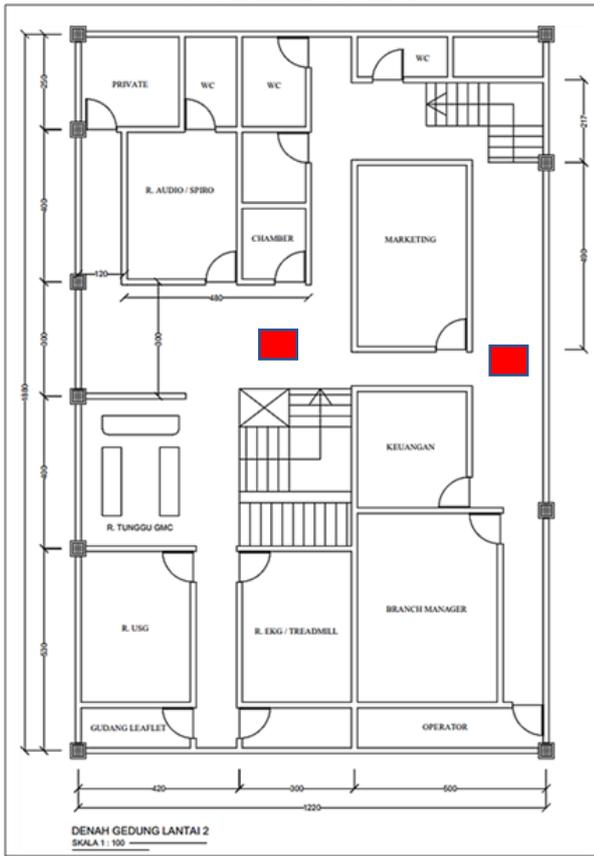
Sumber data didapatkan berupa data primer yang diperoleh dari pengambilan data langsung ke lokasi penelitian. Data bangunan dikumpulkan dua titik dari masing masing lantai dan satu titik pada tanah asli dengan merekam gelombang seismik menggunakan alat mikrotremor pada bangunan yang diselidiki. Data yang dihasilkan dari pengukuran tersebut adalah respon percepatan struktur terhadap waktu dan nilai frekuensi natural dan amplitudo bangunan.



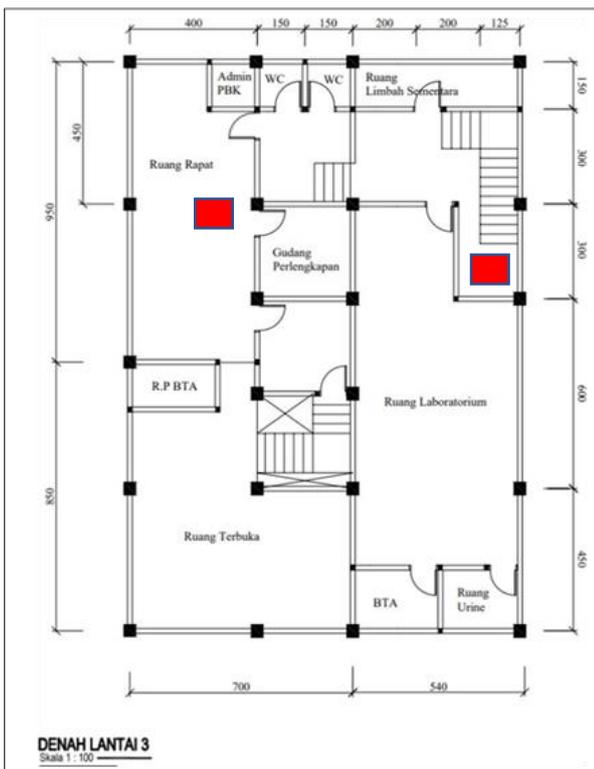
Gambar 5. Mikrotremor



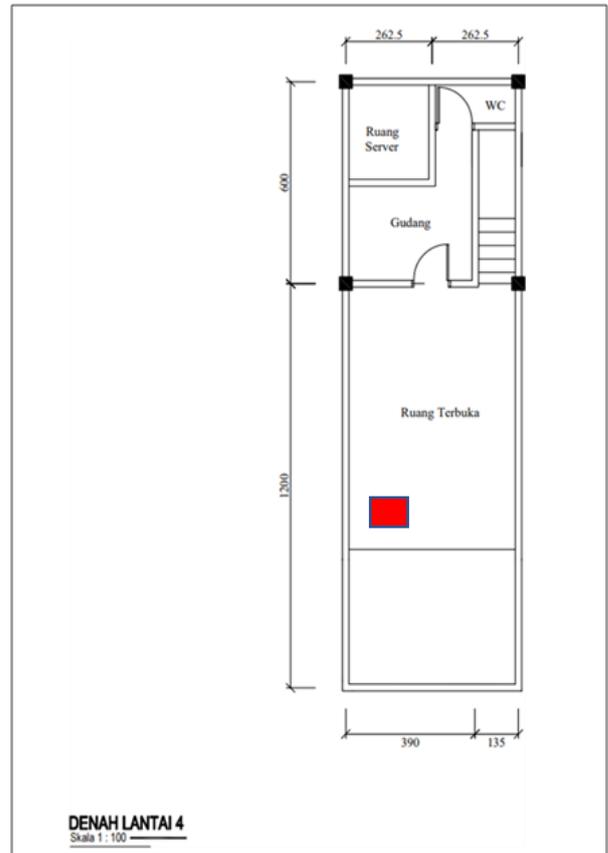
Gambar 6. Letak Mikrotremor lantai 1.
Catatan: Kotak Merah pada gambar adalah letak mikrotremor



Gambar 7. Letak Mikrotremor lantai 2



Gambar 8. Letak Mikrotremor lantai 3



Gambar 9. Letak Mikrotremor lantai 4

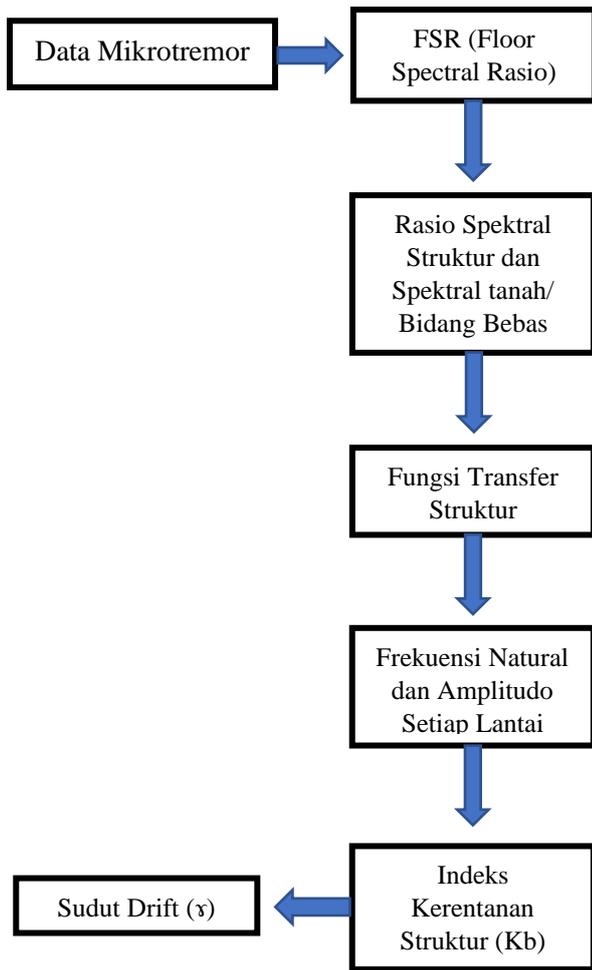
Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan getaran alami bangunan tanpa diberi beban atau gaya luar dengan menggunakan rayleigh wave dengan bantuan alat mikrotremor. Kemudian data tersebut diolah dengan bantuan perangkat lunak antara lain, GPL, Cygwin, Bido 2.02, Geopsy.

Evaluasi ini akan menganalisis sinyal mikrotremor dengan menggunakan FFT (fast fourier transform). Hasil dari analisis sinyal ini akan berupa amplitudo tanah serta frekuensi alami dari bangunan yang di evaluasi. Dari data tersebut dapat diketahui kerentanan bangunan yang di evaluasi (Putra, 2022)

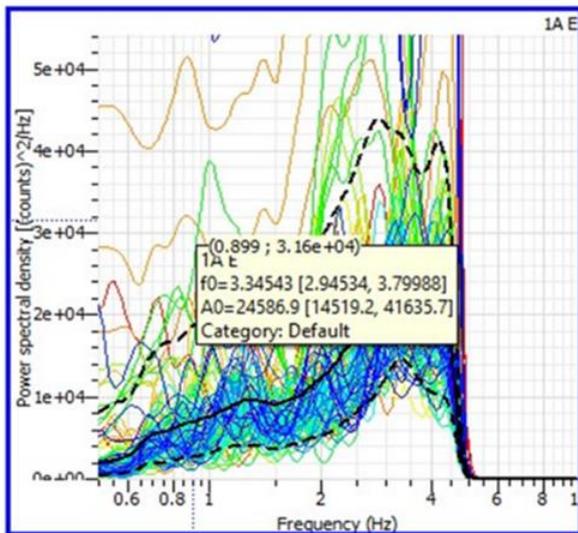
Analisis Mikrotremor

A. Metode FSR (Floor Spectral Ratio)

Metode FSR diaplikasikan pada perhitungan bangunan Klinik Kesehatan Prodia Padang. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa metode FSR berkaitan erat dengan metode RDM, karena frekuensi alami dan redaman memiliki hubungan linear yang kuat dengan kekuatan bangunan. Oleh karena itu, amplifikasi yang ditemukan melalui metode FSR dapat digunakan untuk mengestimasi indeks kerentanan bangunan.



Gambar 10. Flowchart Penelitian, dimodifikasi dari (Nakamura, et al) (Sato, dkk)



Gambar 11. Frekuensi Natural Lantai 1 Arah X Pada Perekaman Pertama

Nilai indeks kerentan bangunan (K_b) dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Nakamura pada tahun 2009 (Nakamura, 2009) sebagai berikut:

$$\bar{K}b = \frac{A}{(2\pi f)^2} \frac{10000}{H} \dots\dots\dots(1)$$

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

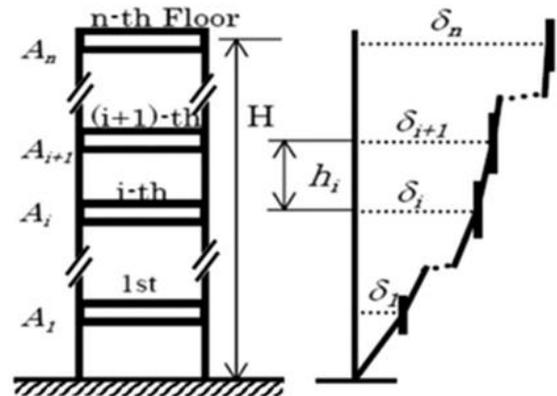
Indeks kerentanan struktur terhadap gempa bumi dapat diestimasi menggunakan sudut drift. Sudut drift berkaitan dengan percepatan gempa yang diterapkan dan perpindahan yang terjadi di setiap lantai struktur. Parameter ini dihitung dari frekuensi dasar dan amplitudo yang terjadi pada setiap lantai struktur. Fungsi transfer dari struktur dapat ditentukan berdasarkan perbandingan antara spektrum respons struktur dan spektrum respons tanah atau spektrum respons dari suatu bidang bebas, yang juga dikenal sebagai floor spektral rasio (FSR). Frekuensi alami struktur memiliki dampak yang signifikan terhadap tingkat kerusakan yang mungkin terjadi pada struktur saat terjadi gempa bumi (Ayi, et al, 2012)

Displacement δ_i lantai i diperkirakan dari frekuensi alami primer dan amplitudo A_i lantai i dengan persamaan berikut:

$$\delta_i = \frac{A \times \alpha}{(2\pi f)^2} \dots\dots\dots(2)$$

Sehingga nilai sudut drift dapat ditentukan sebagai berikut:

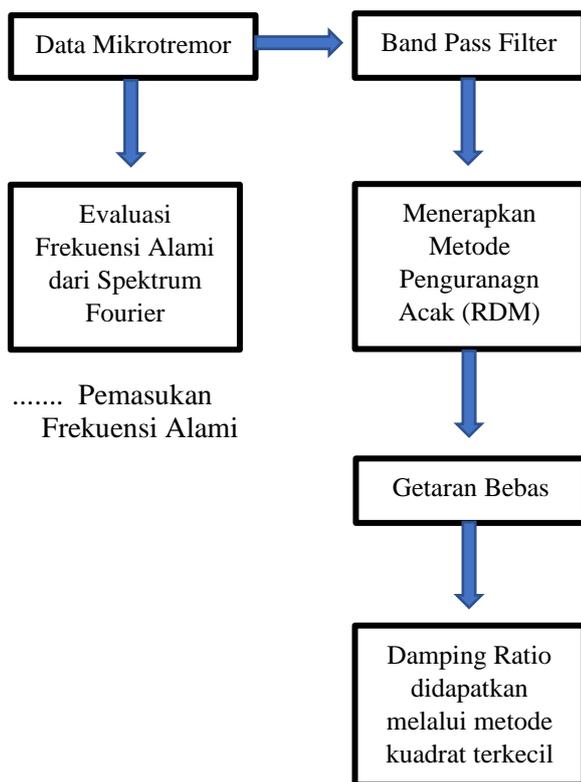
$$\begin{aligned} \gamma_i &= (\delta_{i+1} - \delta_i) / h_i \\ &= \Delta A_i \times \alpha / (2\pi F)^2 / h_i \dots\dots\dots(3) \\ &= e \times K_{bi} \times a \end{aligned}$$



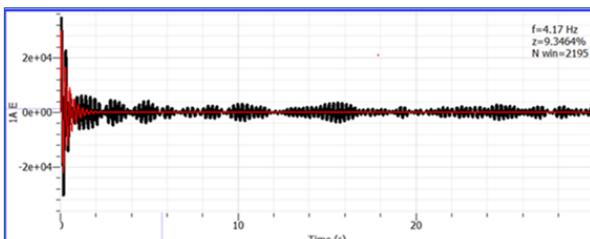
Gambar 12. Skema Model n Lantai Struktur dan Bentuk Modelnya

B. Metode RDM (Random Decrement Method)
 Untuk analisis karakteristik dinamis, data telah diproses menggunakan perangkat lunak Geopsy. Penelitian ini menerapkan RDM untuk perhitungan redaman. Sebelum diproses dengan RDM, penelitian menggunakan analisis band pass filter.

Parameter dari filter berdasarkan frekuensi natural yang dihasilkan metode FSR (Liba, dkk) menunjukkan bahwa untuk menghitung rasio redaman, dibutuhkan frekuensi dari struktur alami. Jadi, dalam analisis redaman ini, menggunakan gabungan power spectrum dan RDM, Damping Toolbox digunakan dalam Geopsy setelah mendeteksi puncak Spektrum Daya atau Spektrum Struktur. Dunand menyatakan bahwa rasio redaman meningkat bersamaan dengan frekuensi alami. Jadi, untuk memeriksa keandalan rasio redaman bangunan, frekuensi alami dihasilkan oleh FSR dan RDM harus mendekati. Jika tidak mendekati, analisis untuk menghitung rasio redaman diulang. Berdasarkan Gambar 9, tidak akuratnya identifikasi frekuensi natural menyebabkan rasio redaman yang teridentifikasi itu salah (Dunand, 2002)



Gambar 13. Flowchart Penelitian, dimodifikasi dari liba et al. [4]



Gambar 14. Analisis redaman menggunakan RDM pada getaran NS di gedung Prodia Lantai 1 Arah X perekaman pertama, rata-

rata (garis hitam solid) catatan: frekuensi F (dalam Hertz) dan rasio redaman z (dalam %) frekuensi alami yang diidentifikasi dalam RDM adalah 4.17 Hz.

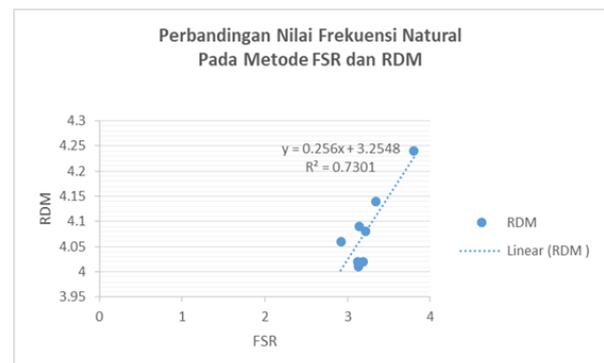
HASIL DAN PEMBAHASAN

A.Korelasi Frekuensi Natural FSR dan RDM

Untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan menggunakan alat mikrotremor memiliki validitas, diperlukan validasi terhadap frekuensi alami (F_0) yang diperoleh melalui pendekatan RDM (Response Displacement Method) dan FSR (Floor Spectral Ratio). Hasil analisis terhadap struktur gedung 4 lantai dengan menggunakan data mikrotremor dari tabel 1, 2, 3, dan 4.

Dari grafik yang ditunjukkan di bawah, diperoleh nilai (R^2) sebesar 0,7301. Nilai ini mengindikasikan bahwa perbandingan antara redaman yang dihitung melalui metode RDM dan amplifikasi yang dihitung melalui metode FSR memiliki tingkat akurasi sebesar 73%.

Ini berarti bahwa perbandingan antara frekuensi dari FSR dan frekuensi dari RDM menunjukkan hubungan linear. Keberadaan hubungan linear ini menunjukkan bahwa nilai antara RDM dan FSR memiliki kesamaan atau mendekati satu sama lain. Jika frekuensi dari FSR dan RDM memiliki kesamaan yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa analisis yang telah dilakukan menghasilkan data yang akurat. Oleh karena itu, indeks kerentanan rata-rata dari bangunan dapat dihitung dengan mempertimbangkan faktor amplifikasi. Dengan menggunakan nilai-nilai yang telah divalidasi, perhitungan indeks kerentanan dapat memberikan gambaran mengenai sejauh mana bangunan tersebut rentan terhadap gempa bumi.



Gambar 15. Perbandingan Frekuensi natural dari RDM dan FSR

Tabel 2. Data Frekuensi dan Amplitudo

Arah X (EW)							
Lantai	Tinggi Lantai	Titik Penelitian				Rata-rata	
		Perekaman Pertama (A)		Perekaman Kedua (B)			
		Fo (Hz)	Ao	Fo (HZ)	Ao	Fr (Hz)	Ar
1	2.85	3,34	24.58	3,10	23.37	3.22	23.98
2	5.70	3,05	23.74	3,24	23.77	3.14	23.76
3	8.55	3,13	22.48	3,14	21.64	3.13	22.06
4	11.2	3,34	20.19	-	-	3.34	20.19

Arah EW dengan metode FSR

Tabel 3. Data Frekuensi dan Amplitudo

Arah Y (NS)							
Lantai	Tinggi Lantai	Titik Penelitian				Rata-rata	
		Perekaman Pertama (A)		Perekaman Kedua (B)			
		Fo (Hz)	Ao	Fo (HZ)	Ao	Fr (Hz)	Ar
1	2.85	3,30	1.69	2.73	1.70	2.92	1.70
2	5.70	3,07	2.18	3.17	2.76	3.12	2.47
3	8.55	3,21	2.79	3,16	2.80	3.19	2.84
4	11.2	3,80	3.05	-	-	3.80	3.05

Arah NS dengan metode FSR

**Tabel 4. Data Frekuensi dan Amplitudo
Arah EW dengan metode RDM**

Arah X (EW)							
Lantai	Tinggi Lantai	Titik Penelitian				Rata-rata	
		Perekaman Pertama (A)		Perekaman Kedua (B)			
		Fo (Hz)	Z(%)	Fo (HZ)	Z(%)	Fr (Hz)	Zr(%)
1	2.85	4.17	9.34	4.00	9.42	4.08	9.4
2	5.70	4.19	9.38	4.08	7.98	4.09	8.7
3	8.55	3.91	8.88	4.11	8.96	4.01	8.9
4	11.2	4.14	9.86	-	-	4.14	9.8

**Tabel 5. Data Frekuensi dan Amplitudo
Arah NS dengan metode RDM**

Arah y (NS)							
Lantai	Tinggi Lantai	Titik Penelitian				Rata-rata	
		Perekaman Pertama (A)		Perekaman Kedua (B)			
		Fo (Hz)	Z(%)	Fo (HZ)	Z(%)	Fr (Hz)	Zr(%)
1	2.85	4.16	9.23	3.96	9.06	4.06	9.1
2	5.70	4.35	11.0	4.08	11.8	4.02	11.3
3	8.55	4.04	7.0	4.00	10.3	4.02	8.6
4	11.2	4.24	6.7	-	-	4.24	6.7

B.Perhitungan FSR dan RDM pada Lantai Bangunan

Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan bantuan perangkat lunak (software), diperoleh nilai frekuensi natural bangunan dan Amplitudo bangunan pada setiap lantainya. Tabel 3, 4, 5 dan 6 yang merupakan hasil pengolahan data, yang didapatkan dari metode FSR dan RDM, dengan bantuan perangkat lunak (software) Geopsy

C.Indeks Kerentanan Bangunan (Kb)

Dari hasil pengolahan data, didapatkan nilai Kb dengan arah X pada lantai 1, yaitu 205.15, pada lantai 2 yaitu 106.74, pada lantai 3 yaitu 66.49, pada lantai 4 yaitu 40.95, dengan arah Y, pada lantai 1 yaitu 17.75, pada lantai 2 yaitu 11.29, pada lantai 3 yaitu 8.29, pada lantai 4 yaitu 4.80.

Tabel 6. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi natural mikroseismik oleh Kanai. (Sumber: BMKG, (1998 dalam Tanjung, 2019)

Klasifikasi Tanah		Frekuensi Natural (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
Tipe IV	Jenis I	6,667-20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan Hard sandy, gravel, dan lainnya	Ketebalan sedimen permukaan sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
Tipe III	Jenis II	4,0-10	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan Hard sandy, gravel, dan lainnya	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori menengah 5-10m
Tipe II	Jenis III	2,5-4	Batuan alluvial, dengan ketebalan lebih dari 5m. Terdiri dari sandy gravel, sandy hard clay, loam, dan lainnya	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10-30m
Tipe I	Jenis IV	<2,5	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi deta, top soil, lumpur, dan lainnya. Kedalaman \geq 30m	Ketebalan sedimen permukaan sangatlah tebal.

Tabel 7. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi natural mikroseismik oleh Kanai. (Sumber: BMKG, (1998 dalam Tanjung, 2019)

Zona	Klasifikasi	Nilai Faktor Amplifikasi
1	Rendah	$A_0 < 3$
2	Sedang	$3 \leq A_0 < 6$
3	Tinggi	$6 \leq A_0 < 9$
4	Sangat Tinggi	$A_0 \geq 9$

D. Perhitungan Metode HVRS

Hasil pengolahan nilai frekuensi natural tanah di Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang menghasilkan nilai frekuensi natural (f_0) sebesar 0,399392 Hz. Dengan merujuk pada Tabel 6, nilai frekuensi natural di kawasan Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang dapat diklasifikasikan sebagai tanah tipe 1 jenis IV. Jenis tanah ini terdiri dari batuan alluvial yang terbentuk melalui proses sedimentasi, termasuk material seperti debu, tanah permukaan, lumpur, dan lainnya, dengan kedalaman \geq 30m. Selanjutnya, melalui pengolahan data mikroseismik, diperoleh nilai amplitudo maksimum atau amplifikasi sebesar 0,503241. Berdasarkan Tabel 7, klasifikasi amplifikasi wilayah di sekitar Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang masuk dalam kategori amplifikasi rendah. Hal ini menunjukkan bahwa area sekitar gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang cenderung memiliki risiko kerusakan yang lebih rendah jika terjadi gempa bumi (Tanjung, 2019) Secara keseluruhan, data frekuensi natural dan amplifikasi memberikan informasi penting tentang karakteristik tanah dan

potensi risiko gempa di suatu daerah.

E. Perhitungan displacement dan drift angle

Di bawah ini terdapat tabel yang merangkum hasil perhitungan untuk percepatan maksimum, perpindahan, dan sudut drift yang dihitung menggunakan metode FSR untuk setiap lantai dalam situasi gempa tahun 2009 ($\alpha = 398$ gal) dan ($\alpha = 450$ gal. Sebuah struktur akan runtuh (collapse) dengan nilai drift angle (δ) (1/100-1/200) (Hadianfard et al, 2016). Sudut drift yang berada dalam kisaran ini dapat mengindikasikan bahwa struktur sedang mengalami deformasi yang signifikan Berdasarkan perhitungan drift angle diketahui bahwasanya lantai 4 gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang dengan arah x, memiliki resiko rusak yang lebih tinggi dibandingkan lantai lainnya jika merespon getaran gempa dengan seismic motion (α) 398 gal dan 450 gal (Hadiabfard, 2016) Hasil perhitungan ini dijelaskan dalam tabel berikut.

Lantai	Tinggi Lantai	Floor Spectral Ratio (FSR)							Ket
		f_0 (Hz)	A	K_b	e	α	δ	γ	
L 1	2.85	3.22	23.98	205.77	0.5	398	23.26	0.040	OK
L 2	5.70	3.14	23.76	107.20	0.5	398	24.21	0.021	OK
L 3	8.55	3.13	22.06	66.78	0.5	398	22.62	0.013	OK
L 4	11.2	3.34	20.19	40.97	0.5	398	18.25	0.008	Not OK

Tabel 8. Rekapitulasi perhitungan dengan arah X ($\alpha = 398$ gal)

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan dengan arah X ($\alpha = 398$ gal)

Lantai	Tinggi Lantai	Floor Spectral Ratio (FSR)							Ket
		f_0 (Hz)	A	K_b	e	α	δ	γ	
L 1	2.85	2.92	1.70	17.69	0.5	398	2.013	0.0035	OK
L 2	5.70	3.12	2.47	11.29	0.5	398	2.560	0.0022	OK
L 3	8.55	3.19	2.84	8.28	0.5	398	2.820	0.0016	OK
L 4	11.2	3.80	3.05	4.78	0.5	398	2.137	0.0009	OK

Tabel 10. Rekapitulasi perhitungan dengan arah X ($\alpha = 450$ gal)

Lantai	Tinggi Lantai	Floor Spectral Ratio (FSR)							Ket
		f_0 (Hz)	A	K_b	e	α	δ	γ	
L 1	2.85	3.22	23.98	205.78	0.5	450	26.39	0.0463	OK
L 2	5.70	3.14	23.76	107.21	0.5	450	27.50	0.0241	OK
L 3	8.55	3.13	22.06	66.79	0.5	450	25.69	0.0150	OK
L 4	11.2	3.34	20.19	40.98	0.5	450	20.65	0.0092	Not OK

Tabel 11. Rekapitulasi perhitungan dengan arah X ($\alpha = 450$ gal)

0,399392 Hz dan Amplifikasi (A_0) sebesar

Lantai	Tinggi Lantai	Floor Spectral Ratio (FSR)							Ket
		f_0 (Hz)	A	K_b	e	α	δ	γ	
L 1	2.85	2.92	1.70	17.75	0.5	450	2.276	0.0039	OK
L 2	5.70	3.12	2.47	11.29	0.5	450	2.895	0.0025	OK
L 3	8.55	3.19	2.84	8.29	0.5	450	3.188	0.0018	OK
L 4	11.2	3.80	3.05	4.80	0.5	450	2.417	0.0010	OK

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Frekuensi Natural Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang dari hasil FSR antara 2.9 – 3.8 Hz. Hasil RDM antara 4.0 – 4.2 Hz sehingga sudah sesuai dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI (2002) yaitu lebih dari 2,78 Hz. Dengan metode HVSr, frekuensi natural tanah, diperoleh nilai frekuensi natural (f_0) sebesar

0,50324. Untuk kerentanan pada tanah menunjukkan bahwa di sekitar area gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang, memiliki kecenderungan kerusakan yang lebih rendah jika terjadi gempa. Frekuensi Natural Gedung Klinik Kesehatan Prodia Kota Padang dari hasil FSR dan RDM menghasilkan korelasi 0.7301 memiliki tingkat akurasi sebesar 73%. Ini berarti bahwa perbandingan antara frekuensi dari FSR dan frekuensi dari RDM menunjukkan hubungan

linear, maka dari hasil validasi nilai frekuensi natural RDM dan FSR adalah akurat. Sebuah struktur akan runtuh (collapse) dengan nilai drift angle (δ) (1/100-1/200) (Hadianfard, 2016). Berdasarkan perhitungan drift angle dapat disimpulkan bahwasanya lantai 4 gedung klinik kesehatan prodia kota Padang dengan arah x, memiliki resiko rusak yang lebih tinggi dibandingkan lantai lainnya jika merespon getaran gempa dengan seismic motion (α) 398 gal dan 450 gal.

DAFTAR PUSTAKA

Ayi, V. W., & Bahri, S. (2012). Analisis Mikrotremor untuk Evaluasi Kekuatan Bangunan Studi Kasus Gedung Perpustakaan ITS. JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 1, No. 1. Hlm. 52-56

F. Dunand, P.Y. Bard, J.L. Chatelain, Ph. Guéguen, T. Vassail, M.N. Farsi, Damping and Frequency from randomdec method applied to insitu measurement of ambient noise vibrations: evidence for effective soil structure interaction, 12th European conference on earthquake engineering, paper no 869, Londres, 2002.

Hadianfard, A. M., et al. (2016). "Assessment of Vulnerability and Dynamic Characteristics of a Historical Building Using Microtremor Measurements ". International Journal of Civil Engineering. Volume 15. Number 2, Hlm. 175-183.

M. Iiba, M. Watakabe, A. Fujii, S. Koyama, S. Sakai, K. Morita, A studi International on dynamic soil-structure interaction effect based on microtremor measurement of building and surrounding ground surface.

Putra, R. R. et al. (2022). "Assessment Tingkat Kerentanan Bangunan Bertingkat di Kampus Universitas Negeri Padang Menggunakan Gelombang *Rayleigh*". Jurnal Serambi Engineering, Vol7.No1, Hlm. 2638-2639

Sangkono. Et al. (2011). "Evaluation of Buildings Strength from Microtremor Analyses". International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE- IJENS Vol: 11 No: 05, Hlm 111.

Tanjung, N. A., Yuniarto, H. P., & Widyawarman, D. (2019). Analisis Amplifikasi Dan Indeks Kerentanan Seismik Di Kawasan Fmipa Ugm Menggunakan Metode Hvsr. *its.ac.id*, 60-63.

T. Sato, Y. Nakamura, J. Saita, The change of dynamic characteristics using microtremor, the 14th WCEE, October 12-17, 2008.

Y. Nakamura, J. Saita, T. Sato, Applications to work heritage site, in Increasing Seismic Safety by Combining Engineering Technologies and Seismological Data, edited by Mucciarelli, M., Herak, M. and Cassidy, J., Springer – NATO series, Dordrecht, 281–292, 2009