

ASSESSMENT TINGKAT KERENTANAN PADA BANGUNAN PERPUSTAKAAN PUSAT UNP MENGGUNAKAN GELOMBANG RAYLEIGH DAN FIRST SCREENING METHOD

Rusnardi Rahmat Putra¹, Adam Khairan²

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: rusnardi.rahmat@ft.unp.ac.id adamkhiran86@gmail.com

Abstrak: Kegiatan *assessment* sudah dilakukan pada bangunan Perpustakaan Pusat UNP menggunakan dua metode, yaitu gelombang *rayleigh* dengan bantuan alat mikrotremor dan metode *first screening*. Pada perekaman mikrotremor, data utama yang didapatkan adalah data gelombang seismik yang nantinya akan diolah menggunakan beberapa perangkat lunak dan didapatkanlah nilai kerentanan bangunan. Sedangkan metode *first screening*, data utama untuk mendapatkan nilai kerentanan bangunan adalah nilai indeks seismik struktur (I_s) dan indeks *demand* (I_{so}). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kerentanan bangunan Perpustakaan Pusat UNP serta mengetahui perbandingan hasil antara dua metode tersebut. Pada metode gelombang *rayleigh*, untuk mengetahui tingkat kerentanan bangunan dapat dilihat pada nilai *drift angle* yang apabila nilai *drift angle* berada dalam rentang 0,01 - 0,005, maka bangunan tersebut akan runtuh. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pada metode gelombang *rayleigh*, nilai kerentanan berdasarkan nilai *drift angle* tidak berada dalam rentang 0,01 - 0,05, akan tetapi untuk arah x (EW) dan arah y (NS) pada lantai 1 memiliki nilai rata rata yang paling mendekati rentang 0,01 - 0,005. Sedangkan untuk metode *first screening*, suatu bangunan dapat dikatakan aman jika memiliki nilai $I_s > I_{so}$. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai $I_{so} = 0,1368$, dan nilai I_s yang didapatkan $>$ nilai I_{so} , akan tetapi nilai I_{so} pada lantai 1 arah x dan y memiliki nilai yang paling mendekati 0,1368. Berdasarkan hasil dari kedua metode tersebut, didapatkanlah nilai kerentanan paling tinggi berada pada lantai 1.

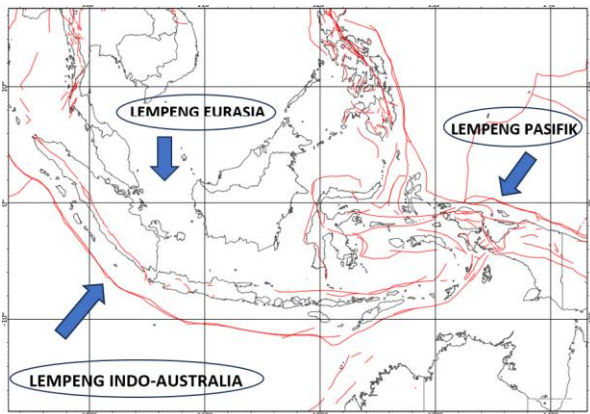
Kata Kunci : Kerentanan, Mikrotremor, First Screening

Assessment activities have been carried out at the UNP Central Library building using two methods, namely Rayleigh waves with the help of a microtremor tool and the first screening method. When recording microtremors, the main data obtained is seismic wave data which will later be processed using several software and obtain a building vulnerability value. Meanwhile, for the first screening method, the main data for obtaining building vulnerability values are the structural seismic index (I_s) and demand index (I_{so}). The aim of this research is to determine the vulnerability value of the UNP Central Library building and to find out the comparison of results between the two methods. In the Rayleigh wave method, to determine the level of vulnerability of a building, you can look at the drift angle value. If the drift angle value is in the range of 0.01 - 0.005, then the building will collapse. Based on research conducted, using the Rayleigh wave method, the vulnerability value based on the drift angle value is not in the range 0.01 - 0.05, however for the x direction (EW) and y direction (NS) on the 1st floor the average value is closest to the range of 0.01 - 0.005. Meanwhile, for the first screening method, a building can be said to be safe if it has a value of $I_s > I_{so}$. Based on the research that has been carried out, the I_{so} value obtained = 0.1368, and the I_s value obtained is $>$ I_{so} value, however the I_{so} value on the 1st floor in the x and y directions has a value that is closest to 0.1368. Based on the results of these two methods, it was found that the highest vulnerability value was on the 1st floor

Keyword : Vulnerability, Microtremor, First Screening

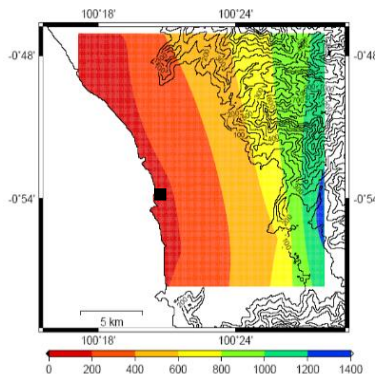
PENDAHULUAN

Negara Indonesia termasuk kedalam negara dengan potensi kegempaan yang sangat tinggi. Berdasarkan letak geografis, Indonesia tepat berada di pertemuan tiga lempengan utama pembentuk kerak bumi yang masih bergerak, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik (Naryanto, 2019). Interaksi antar tiga lempengan tersebut mampu memicu terjadinya gempa bumi di Indonesia. Peta lempeng tektonik Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lempeng Tektonik Indonesia

Sumatera Barat merupakan provinsi di Indonesia dengan tingkat kerawanan terhadap gempa bumi yang tinggi. Hal tersebut disebabkan karena adanya patahan Semangko di daratan. Selain itu, adanya pertemuan lempeng Australia dan lempeng Eurasia di dasar lautan sebelah barat pulau Sumatera menjadikan provinsi Sumatera Barat memiliki potensi yang sangat besar terjadinya bencana tsunami (Syam, 2016). Gempa yang memberikan trauma bagi masyarakat Sumatera Barat adalah gempa bumi pada 30 September 2009 dengan kekuatan 7,6 SR dengan pusat gempa berada 57 Km di barat daya kota Pariaman dengan kedalaman 71 Km. Akibatnya, banyak bangunan mengalami kerusakan parah. Gempa tersebut juga memakan korban jiwa sebanyak 1.117 korban. Kota Padang merupakan salah satu kota yang terdampak bencana gempa tahun 2009.



Gambar 2. Shear Velocity Perpustakaan Pusat UNP di Kota Padang

Perpustakaan Pusat UNP merupakan bangunan lima lantai yang dibangun dan digunakan sejak tahun 1995 yang masih berdiri kokoh dan digunakan hingga sekarang. Perpustakaan pusat UNP merupakan salah satu bangunan fasilitas pendidikan yang terdampak bencana gempa tahun 2009 dan mengalami kerusakan ringan yang sebelumnya hanya dilakukan renovasi ringan. Hal tersebut tentunya menyebabkan penurunan kualitas pada struktur. Adapun wawancara yang dilakukan penulis kepada ibu Oznarorosiswi, S.Si., M.Pd. selaku kepala tata usaha Perpustakaan Pusat UNP mengatakan bahwa belum pernah dilakukannya *assessment* kerentanan pada bangunan Perpustakaan Pusat UNP. Oleh karena itu *assessment* dilakukanlah sebagai informasi awal kerentanan bangunan sehingga dilakukanlah perbaikan demi mengurangi risiko kerugian yang besar terhadap bencana yang akan terjadi.

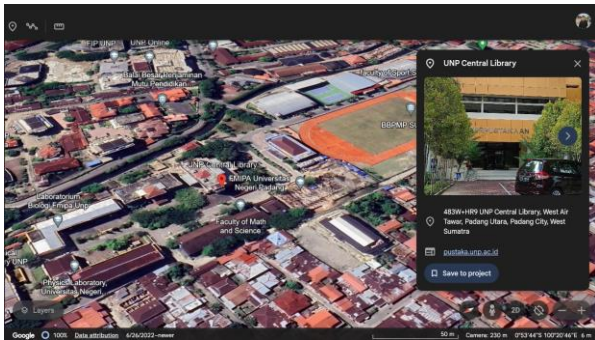
Assessment kerentanan bangunan Perpustakaan Pusat UNP dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode gelombang *rayleigh* dan *first screening method*. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kerentanan bangunan serta mengetahui perbandingan tingkat kerentanan bangunan menggunakan dua metode. Pemeriksaan menggunakan gelombang *rayleigh* didapatkan dengan bantuan alat mikrotremor, lalu data yang didapatkan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak GPL, Cygwin, Bido 2.02 dan Geopsy kemudian akan didapatkan data berupa frekuensi natural dan redaman dari bangunan. dari frekuensi inilah kemudian diketahui kerentanan tiap lantai bangunan pada arah x (EW) dan y (NS). sedangkan pemeriksaan menggunakan *first screening method* merupakan metode numerik yang dilakukan untuk menginspeksi bangunan berupa pengujian mengenai tingkat kerentanan pada bangunan eksisting menggunakan persamaan persamaan dengan menghitung salah satu bentang paling *ekstreme* pada arah x dan y tiap lantai yang berpedoman pada buku “*Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building*” tahun 2001.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Perpustakaan Pusat UNP yang berlokasi di Universitas Negeri Padang, Air Tawar Barat, Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat, dan dilaksanakan pada bulan Agustus tahun 2023. Penelitian dilakukan pada siang hari yang dilakukan dalam keadaan libur perkuliahan, sehingga perekaman berjalan dengan

baik dan akurat karena sedikitnya pengunjung dari perpustakaan Pusat UNP yang datang.



Gambar 3. Lokasi Perpustakaan Pusat UNP di Kota Padang

Tabel 1. Data Bangunan

| Tipe Komponen | Keterangan |
|-----------------------|---|
| Fungsi Bangunan | Perpustakaan, Gedung Pendidikan |
| Jumlah Lantai | 5 Lantai |
| Tinggi Bangunan | 21 m |
| Tipe Struktur | Beton Bertulang |
| Luas Area Bangunan | $\pm 7000 \text{ m}^2$ |
| Luas Lantai Total | 5960 m^2 |
| Tahun Didirikan | 1995 |
| Mutu Beton (F_c') | 36 Mpa |
| Jenis Fondasi | Konstruksi Sarang Laba Laba |
| Usia Bangunan | 28 Tahun |
| Kategori Tanah | Tanah Lunak |
| Wilayah Kegempaan | Wilayah 6 |
| Jenis tanah | Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi deta, top soil, lumpur, dan lainnya. Kedalaman $\geq 30\text{m}$ |

Instrumen Penelitian

Pada penelitian ini, menggunakan dua jenis perangkat, yaitu perangkat keras diantaranya:

1. Hammer Test
2. Mikrotremor
3. Kompas
4. Waterpass

Perangkat lunak diantaranya:

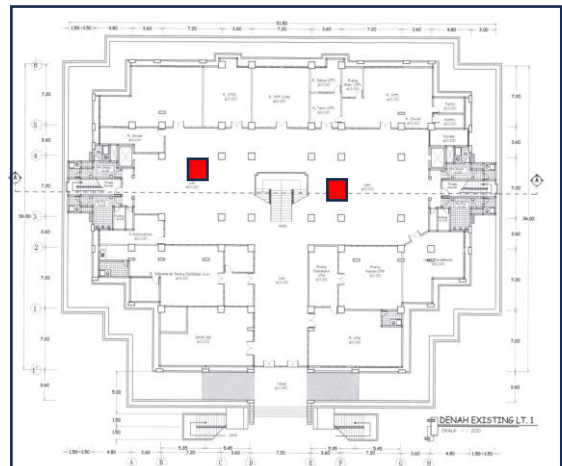
1. GPL
2. Cygwin
3. Bido 2.02
4. Geopsy

Teknik Pengumpulan Data

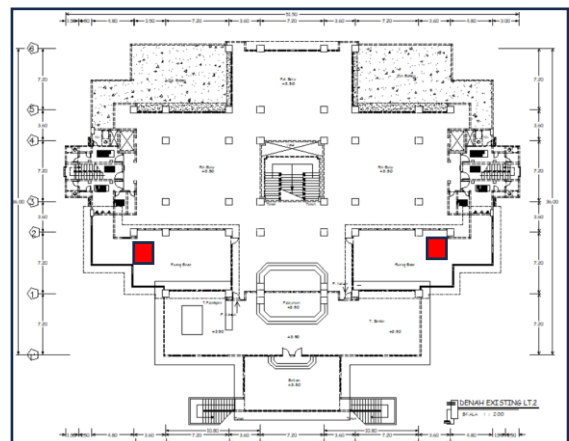
Data yang akan diperlukan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder yang penjelasannya akan diuraikan sebagai berikut:

1. Data primer
Data pada bangunan menggunakan data primer, yaitu data yang didapatkan dengan cara pengambilan langsung ke lapangan.

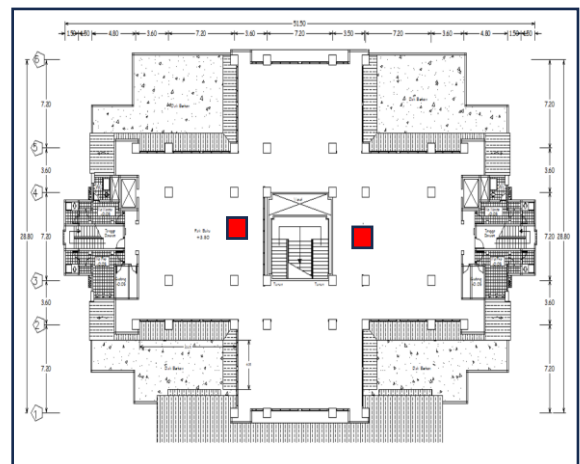
Pengambilan data berupa perekaman yang dilakukan menggunakan mikrotremor yang dilakukan dua titik yaitu pada arah x (EW) dan y (NS) yang dilakukan tiap lantai dan dua titik pada tanah yaitu arah x (EW) dan y (NS) dengan melakukan perekaman selama 10 menit. Data ini nantinya menghasilkan frekuensi domain dan time domain. Data ini diolah menggunakan perangkat lunak. Kemudian untuk menganalisis kerentanan, maka digunakanlah HVSR, FSR dan RDM



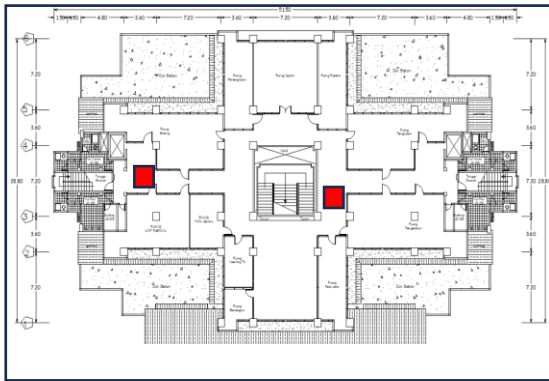
Gambar 4. Peletakan Mikrotremor Lantai 1



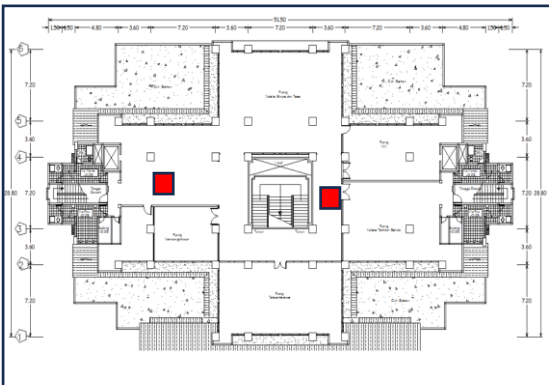
Gambar 5. Peletakan Mikrotremor Lantai 2



Gambar 6. Peletakan Mikrotremor Lantai 3



Gambar 7. Peletakan Mikrotremor Lantai 4



Gambar 8. Peletakan Mikrotremor Lantai 5



Gambar 9. Alat Mikrotremor saat perekaman

Perekaman ini dilakukan dengan mengambil getaran asli dari bangunan tanpa diberi beban menggunakan gelombang Rayleigh dengan bantuan alat mikrotremor. Selanjutnya data perekaman diolah menggunakan perangkat lunak berupa GPL, Cygwin yang kemudian untuk mendapatkan nilai frekuensi natural, digunakanlah perangkat lunak Bido 2.02 dan Geopsy. Sinyal mikrotremor dianalisis menggunakan FFT (Fast Fourier Transform) yang kemudian dihasilkanlah amplitudo pada tanah serta frekuensi natural bangunan (Putra & Saputra, 2022)

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan jenis data yang diperoleh bukan dari penelitian langsung akan tetapi dari informasi sumber-sumber lain yang terkait dengan penelitian. Pihak yang berkaitan dengan pengumpulan data sekunder adalah pihak kasubag rumah tangga Univeristas Negeri Padang dan pihak Perpustakaan Pusat UNP sebagai pihak yang memiliki informasi serta data mengenai bangunan Perpustakaan Pusat UNP. Berdasarkan data yang telah didapatkan, salah satunya denah Perpustakaan Pusat UNP

Analisis Data

1. Analisis Mikrotremor

a. Floor Spectral Ratio (FSR)

Metode ini diterapkan tiap lantai terhadap bangunan Perpustakaan Pusat UNP. dari kerentanan bangunan dapat dihitung setelah didapatkannya nilai amplifikasi dan frekuensi natural bangunan. Nilai indeks kerentanan (K_b) didapatkan dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Nakamura, dkk (2009 dalam (Prastowo & Prabowo, 2017) pada persamaan (1) :

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

Keterangan :

- K_b= Kerentanan Bangunan
- A = Amplifikasi
- f = Frekuensi Natural
- H = Tinggi Bangunan (m)

Penentuan suatu bangunan diketahui Indeks kerentanan dapat dilakukan dengan melihat nilai dari sudut drift menggunakan nilai kerentanan bangunan yang telah didapatkan. Secara umum, bangunan akan runtuh ketika mencapai nilai sudut drift pada rentang 1/100 – 1/200 Sato et al., (2008 dalam Hadianfard et al., 2017). Displacement (δ_i) lantai i didapatkan dari frekuensi alami natural f dan amplitudo A_i lantai i dengan persamaan (2) sebagai berikut :

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

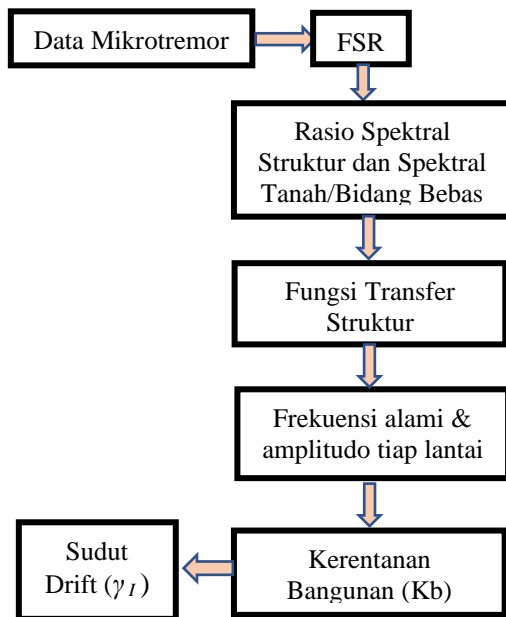
Sehingga nilai sudut drift dapat ditentukan dengan persamaan (3) sebagai berikut :

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

Keterangan :

- γ_i = Sudut Drift

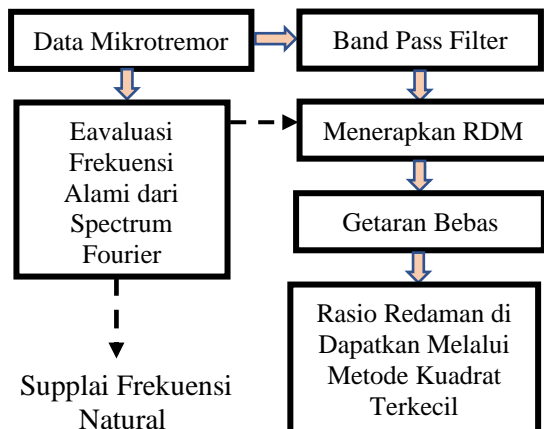
e = Efisiensi gerak gempa yang bekerja untuk struktur
 α = Akselerasi, bernilai 398 gal untuk gempa Padang 2009.
 H_i = Tinggi Lantai (m)



Gambar 10. Bagan Alir Analisis FSR

b. Random Decrement Method (RDM)

Tahap sebelum dilakukan proses RDM yaitu menggunakan analisis band pass filter untuk menentukan frekuensi yang diharapkan. Parameter band pass filter ini di ambil dari hasil range frekuensi pada analisis metode FSR. Prinsip dari metode RDM yaitu untuk menghitung *damping* rasio (rasio redaman) dan frekuensi natural bangunan dengan melakukan band pass filtering dan evaluasi frekuensi natural dari spektrum fourier (Ayi & Bahri, 2012). Proses ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak geopsy pada menu *damping toolbox*. Hubungan frekuensi natural FSR dan RDM haruslah mendekati demi memeriksa keandalan dan keakuratan rasio redaman bangunan (Dunand et al., 2002).



Gambar 11. Bagan Alir Analisis RDM

(Sumber :Hadianfard et al., 2017)

2. First Screening Method.

first screening method merupakan metode numerik yang dilakukan untuk menginspeksi bangunan berupa pengujian mengenai tingkat kerentanan pada bangunan eksisting menggunakan persamaan persamaan dengan menghitung salah satu bentang paling *ekstreme* pada arah x dan y tiap lantai yang berpedoman pada buku “*Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building*” tahun 2001. Untuk mengetahui tingkat kerentanan suatu bangunan, maka nilai indeks seismik struktur (I_s) akan dibandingkan dengan nilai indeks *demand* (I_o), kemudian untuk mengetahui suatu bangunan aman jika menerima gaya gempa maka nilai I_s harus lebih besar dari nilai I_o . Berdasarkan buku *Seismic Evaluation Of Existing Reinforced Concrete Building* tahun 2001, berat struktur dan gaya kolom dihitung berdasarkan asumsi berat untuk satuan luas $W = 11.8 \text{ kN/m}^2$ dikalikan dengan luas area pada bentang yang ditinjau. Adapun persamaan persamaan yang digunakan adalah :

a. Indeks Kekuatan (C)

Rumus indeks kekuatan (C):

$$C_c = \frac{\tau_c \cdot A_c}{\Sigma w} \times \beta_c \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

- τ_c = Tegangan geser rata rata keadaan ultimate kolom (N/mm^2)
- A_c = Total luas penampang kolom pada bentang yang ditinjau (mm^2)
- Σw = Total berat struktur pada bentang yang ditinjau tiap lantai (kN)
- β_c = Faktor pengali yang didapat dari olahan nilai F_c'

b. Indeks Seismik Dasar Struktur (Eo)

Rumus indeks seismik dasar struktur:

$$E_o = \frac{n+1}{n+i} (C_w + \alpha_1 \times C_c) \cdot F_w \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- n = Lantai bangunan
- i = Lantai yang ditinjau
- C_w = Indeks Kekuatan Dinding

c. Indeks Seismik Struktur (Is)

Rumus indeks seismik struktur:

$$I_s = E_o \cdot S_D \cdot T \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

- S_D = Indeks Ketidakraturan
- T = Indeks Waktu (detik)

d. Indeks Demand

Rumus indeks demand:

$$Iso = Es \times Z \times G \times U \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

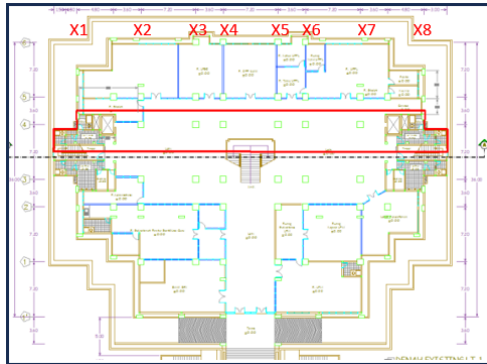
Z = Indeks Zona (g)

Es = Indeks keamanan seismik dasar struktur

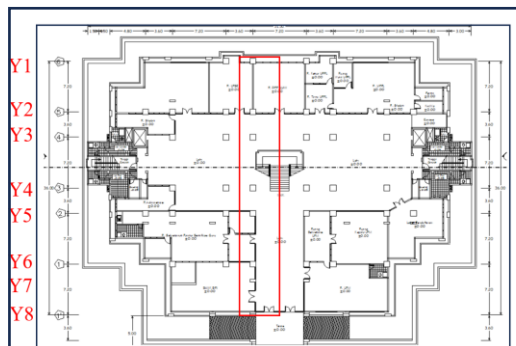
G = Indeks Tanah

U = Indeks Penggunaan

Bentang yang dipilih pada arah x dan y adalah sebagai berikut:



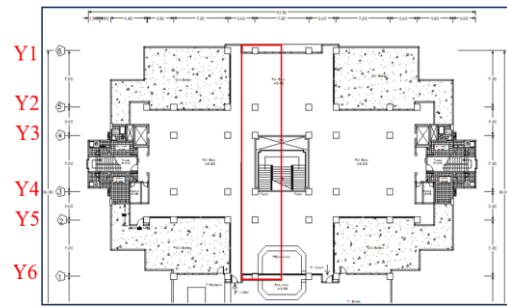
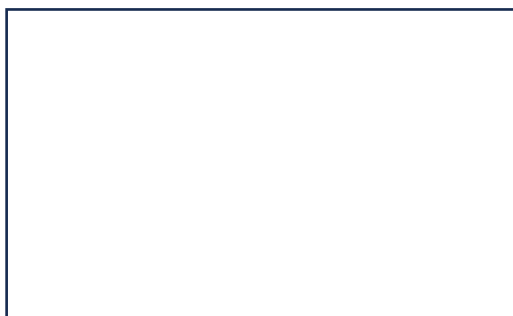
Gambar 12. Bentang yang Ditinjau untuk Arah x Lantai 1



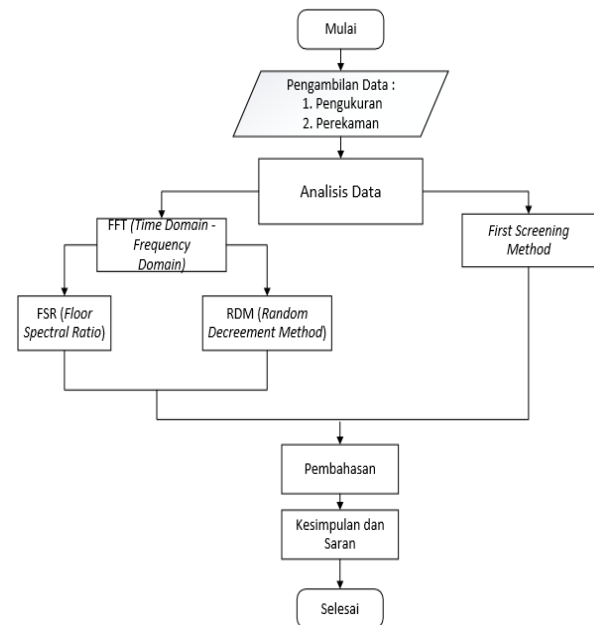
Gambar 13. Bentang yang Ditinjau untuk Arah y Lantai 1



Gambar 14. Bentang yang Ditinjau untuk Arah x Lantai 2-5



Gambar 15. Bentang yang Ditinjau untuk Arah y Lantai 2-5



Gambar 16. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis HVSR, FSR dan RDM.

Pengolahan data perekaman mikrotremor pada tanah menggunakan metode HVSR nantinya akan diolah menggunakan perangkat lunak Bido 2.02 dan dihasilkanlah data berupa frekuensi natural tanah dan amplifikasi. Data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Perhitungan Kerentanan Tanah

| Perhitungan HVSR Tanah | | |
|------------------------|----------------|-------------|
| Titik Penelitian | Frekuensi (Hz) | Amplifikasi |
| | Fo | Ao |
| Tanah | 0,403342 | 21,91729 |

Tabel 3. Klasifikasi Amplifikasi berdasarkan Besarnya Nilai Amplifikasi

(Sumber : Setiawan, J.R.,(2009 dalam Tanjung et al., 2019)

| Zona | Klasifikasi | Nilai Faktor Amplifikasi |
|------|---------------|--------------------------|
| 1 | Rendah | $Ao < 3$ |
| 2 | Sedang | $3 < Ao < 6$ |
| 3 | Tinggi | $6 < Ao < 9$ |
| 4 | Sangat Tinggi | $Ao \geq 9$ |

Dari data diatas, didapatkan nilai amplifikasi tanah pada bangunan Perpustakaan Pusat UNP sebesar

21,91755. Ditinjau pada tabel 3 maka kawasan bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Negeri Padang masuk ke dalam kategori amplifikasi yang sangat tinggi sehingga memiliki risiko kerusakan yang jika terjadi gempa. Nilai frekuensi didapatkan sebesar 0,403342 Hz. Ditinjau pada tabel 4. Maka

diketahui klasifikasi tanah pada daerah Perpustakaan Pusat UNP, yaitu tipe I Jenis IV, tersusun atas batuan alluvial, terbentuk dari sedimentasi deta, top soil, lumpur, dengan Kedalaman ≥ 30

Tabel 4. Klasifikasi Tanah dari Nilai Frekuensi Natural (Sumber : Arifin., Dkk (2014 dalam Tanjung et al.,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 | Kurang dari 2,5 | Batuan alluvial, Yang terbentuk dari sedimentasi deta, top soil, lumpur, dan lainnya. Kedalaman ≥ 30 m | Ketebalan sedimen permukaan sangatlah tebal. |

Tabel 5. Data Frekuensi dan Amplitudo Arah x (EW) untuk Metode FSR

| Lantai | Arah x (EW) | | | | | |
|--------|-------------------|------|-----------------|------|-----------|------|
| | Perekaman Pertama | | Perekaman Kedua | | Rata rata | |
| | Fo (Hz) | Ao | Fo (Hz) | Ao | Fo (Hz) | Ao |
| 1 | 4.59 | 3.05 | 4.50 | 1.21 | 4.55 | 2.13 |
| 2 | 5.50 | 4.21 | 5.51 | 2.70 | 5.51 | 3.45 |
| 3 | 6.10 | 3.71 | 6.01 | 2.99 | 6.05 | 3.35 |
| 4 | 6.06 | 2.16 | 6.07 | 3.11 | 6.07 | 2.64 |
| 5 | 3.19 | 3.16 | 2.20 | 2.35 | 2.69 | 2.75 |

Tabel 6. Data Frekuensi dan Amplitudo Arah y (NS) untuk Metode FSR

| Lantai | Arah y (NS) | | | | | |
|--------|-----------------------|------|---------------------|------|-----------|------|
| | Perekaman Pertama (A) | | Perekaman Kedua (B) | | Rata rata | |
| | Fo (Hz) | Ao | Fo (Hz) | Ao | Fo (Hz) | Ao |
| 1 | 4.48 | 2.59 | 4.30 | 1.46 | 4.39 | 2.02 |
| 2 | 5.69 | 2.33 | 3.10 | 1.33 | 4.39 | 1.83 |
| 3 | 2.27 | 1.50 | 2.32 | 1.83 | 2.29 | 1.67 |
| 4 | 2.36 | 2.34 | 2.39 | 2.37 | 2.37 | 2.35 |
| 5 | 2.26 | 2.35 | 2.31 | 2.66 | 2.29 | 2.50 |

Tabel 7. Data Frekuensi dan Redaman Arah x (EW) untuk Metode RDM

| Lantai | Arah x (EW) | | | | | |
|--------|-----------------------|-------|---------------------|-------|-----------|-------|
| | Perekaman Pertama (A) | | Perekaman Kedua (B) | | Rata rata | |
| | Fo (Hz) | Z (%) | Fo (Hz) | Z (%) | Fo (Hz) | Z (%) |
| 1 | 2.44 | 5.79 | 2.32 | 0.27 | 2.38 | 3.03 |
| 2 | 2.52 | 8.64 | 2.44 | 3.73 | 2.48 | 6.18 |
| 3 | 2.43 | 7.45 | 2.55 | 5.59 | 2.49 | 6.52 |
| 4 | 2.55 | 8.89 | 2.44 | 4.51 | 2.50 | 6.70 |
| 5 | 2.34 | 2.51 | 2.30 | 3.61 | 2.32 | 3.06 |

Tabel 8. Data Frekuensi dan Redaman Arah y (NS) untuk Metode RDM

| Arah y (NS) | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-------|---------------------|-------|-----------|-------|
| Lantai | Perekaman Pertama (A) | | Perekaman Kedua (B) | | Rata rata | |
| | Fo (Hz) | Z (%) | Fo (Hz) | Z (%) | Fo (Hz) | Z (%) |
| 1 | 2.43 | 9.67 | 2.37 | 4.71 | 2.40 | 7.19 |
| 2 | 2.37 | 6.73 | 2.54 | 6.45 | 2.46 | 6.59 |
| 3 | 2.45 | 7.86 | 2.32 | 2.08 | 2.39 | 4.97 |
| 4 | 2.35 | 4.14 | 2.39 | 4.50 | 2.37 | 4.32 |
| 5 | 2.36 | 6.18 | 2.46 | 3.80 | 2.41 | 4.99 |

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan untuk Drift Angle arah x (EW) ($\alpha = 398$ gal)

| Arah X | | | | | | | | | |
|--------|---------------|----------------------------|------|------|-----|----------|----------|----------|-----|
| Lantai | Tinggi Lantai | Floor Spectral Rasio (FSR) | | | | | | | Ket |
| | | f_0 (Hz) | A | Kb | e | α | δ | γ | |
| 1 | 4.2 | 4.55 | 2.16 | 6.30 | 0.5 | 398 | 1.052918 | 0.00125 | OK |
| 2 | 8.4 | 5.51 | 3.45 | 3.43 | 0.5 | 398 | 1.146779 | 0.00068 | OK |
| 3 | 12.6 | 6.05 | 3.35 | 1.84 | 0.5 | 398 | 0.92363 | 0.00037 | OK |
| 4 | 16.8 | 6.07 | 2.64 | 1.08 | 0.5 | 398 | 0.723087 | 0.00022 | OK |
| 5 | 21.0 | 2.69 | 2.75 | 4.59 | 0.5 | 398 | 3.835234 | 0.000913 | OK |

Tabel 10. Rekapitulasi Perhitungan untuk Drift Angle arah y (NS) ($\alpha = 398$ gal)

| Arah Y | | | | | | | | | |
|--------|---------------|----------------------------|------|------|-----|----------|----------|----------|-----|
| Lantai | Tinggi Lantai | Floor Spectral Rasio (FSR) | | | | | | | Ket |
| | | f_0 (Hz) | A | Kb | e | α | δ | γ | |
| 1 | 4.2 | 4.39 | 2.02 | 6.33 | 0.5 | 398 | 1.058261 | 0.00126 | OK |
| 2 | 8.4 | 4.39 | 1.83 | 2.86 | 0.5 | 398 | 0.957353 | 0.00057 | OK |
| 3 | 12.6 | 2.29 | 1.67 | 6.38 | 0.5 | 398 | 3.201205 | 0.00127 | OK |
| 4 | 16.8 | 2.37 | 2.35 | 6.32 | 0.5 | 398 | 4.222804 | 0.00126 | OK |
| 5 | 21.0 | 2.29 | 2.50 | 5.78 | 0.5 | 398 | 4.83022 | 0.00115 | OK |

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan untuk Drift Angle arah x (EW) ($\alpha = 450$ gal)

| Arah X | | | | | | | | | |
|--------|---------------|----------------------------|------|------|-----|----------|----------|----------|-----|
| Lantai | Tinggi Lantai | Floor Spectral Rasio (FSR) | | | | | | | Ket |
| | | f_0 (Hz) | A | Kb | e | α | δ | γ | |
| 1 | 4.2 | 4.55 | 2.16 | 6.30 | 0.5 | 450 | 1.190486 | 0.00142 | OK |
| 2 | 8.4 | 5.51 | 3.45 | 3.43 | 0.5 | 450 | 1.296609 | 0.00077 | OK |
| 3 | 12.6 | 6.05 | 3.35 | 1.84 | 0.5 | 450 | 1.044305 | 0.00041 | OK |
| 4 | 16.8 | 6.07 | 2.64 | 1.08 | 0.5 | 450 | 0.81756 | 0.00024 | OK |
| 5 | 21.0 | 2.69 | 2.75 | 4.59 | 0.5 | 450 | 4.33632 | 0.001032 | OK |

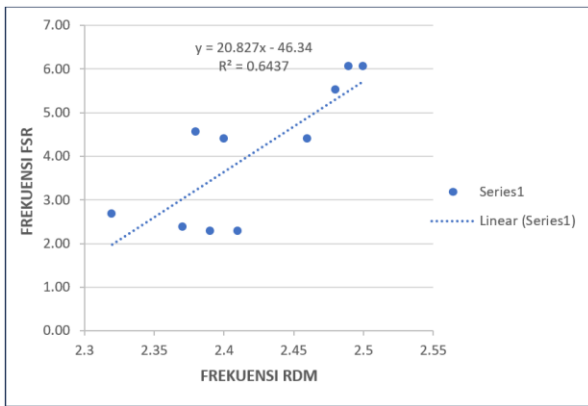
Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan untuk Drift Angle arah y (NS) ($\alpha = 450$ gal)

| Arah Y | | | | | | | | | |
|--------|---------------|----------------------------|------|------|-----|----------|----------|----------|-----|
| Lantai | Tinggi Lantai | Floor Spectral Rasio (FSR) | | | | | | | Ket |
| | | f_0 (Hz) | A | Kb | e | α | δ | γ | |
| 1 | 4.2 | 4.39 | 2.02 | 6.33 | 0.5 | 450 | 1.196526 | 0.00142 | OK |
| 2 | 8.4 | 4.39 | 1.83 | 2.86 | 0.5 | 450 | 1.082434 | 0.00064 | OK |
| 3 | 12.6 | 2.29 | 1.67 | 6.38 | 0.5 | 450 | 3.619453 | 0.00144 | OK |
| 4 | 16.8 | 2.37 | 2.35 | 6.32 | 0.5 | 450 | 4.774528 | 0.00142 | OK |
| 5 | 21.0 | 2.29 | 2.50 | 5.78 | 0.5 | 450 | 5.461304 | 0.00130 | OK |

2. Korelasi Frekuensi Natural FSR dan RDM

Pada pengolahan yang sudah dilakukan, untuk membuktikan keakuratan data, diperlukan validasi frekuensi natural (F_0) yang diperoleh dari proses RDM dan FSR. Hasil analisis tersebut terdapat pada tabel 5, 6, 7 dan 8. Berdasarkan grafik pada Gambar 17, dapat diketahui bahwa nilai $R^2 = 0,6437$ yang berarti rasio redaman yang dihasilkan dari RDM dan amplifikasi yang diperoleh dari metode FSR

adalah data yang akurat dengan ketelitian 64,3% yang menandakan perbandingan antara frekuensi natural dari RDM dan FSR mendekati satu. Oleh karena itu, indeks kerentanan rata-rata bangunan dapat dihitung dengan menggunakan faktor amplifikasi.



pada lantai 1-5 arah x dan y dinyatakan aman karna suatu bangunan akan runtuh jika nilai sudut drift berada pada rentang 1/100 – 1/200 (Sato et al., (2008 dalam Hadianfard et al., 2017)). Sedangkan untuk ($\alpha = 450$ gal) pada lantai 1-5 arah x dan y juga dinyatakan aman. Berdasarkan perhitungan sudut drift diketahui bahwasanya seluruh lantai pada bangunan Perpustakaan Pusat UNP memiliki resiko rusak yang rendah jika merespon getaran gempa dengan seismic motion (α) 398 gal dan 450 gal akan tetapi memiliki kerentanan yang tinggi pada lantai 1.

4. Hasil analisis *First Screening Method*

Untuk mengetahui tingkat kerentanan suatu bangunan menggunakan metode ini, maka nilai indeks seismik struktur (I_s) akan dibandingkan dengan nilai indeks *demand* (I_{so}), kemudian untuk mengetahui suatu bangunan aman jika menerima gaya gempa maka nilai I_s harus lebih besar dari nilai I_{so} atau ($I_s > I_{so}$) pada arah x maupun y. Berdasarkan data awal, nilai yang sudah didapatkan adalah nilai indeks *demand* yaitu 0,1368

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil First Screening Arah x

| lantai | $\frac{n+1}{n+i}$ | Member category | C_c | F | E_0 |
|--------|-------------------|-----------------|-------|-----|-------|
| 5 | $\frac{6}{10}$ | Kolom | 1,57 | 1,0 | 0,96 |
| 4 | $\frac{6}{9}$ | Kolom | 0,79 | 1,0 | 0,54 |
| 3 | $\frac{6}{8}$ | Kolom | 0,52 | 1,0 | 0,40 |
| 2 | $\frac{6}{7}$ | Kolom | 0,39 | 1,0 | 0,34 |
| 1 | $\frac{6}{6}$ | Kolom | 0,31 | 1,0 | 0,32 |

Perhitungan nilai I_{sx} sebagai berikut:

$$I_{sx} = E_0 \times SD \times T$$

$$I_{sx5} = 0,96 \times 1,0 \times 0,9 = 0,87$$

$$I_{sx4} = 0,54 \times 1,0 \times 0,9 = 0,48$$

Gambar 17. Perbandingan Frekuensi Natural FSR dan RDM

3. Perhitungan Sudut Drift bangunan (τ)

Nilai sudut drift (τ) / *Drift Angle* pada bangunan Bangunan Perpustakaan Pusat UNP dapat dilihat untuk gempa Padang ($\alpha = 398$ gal)

$$I_{sx3} = 0,40 \times 1,0 \times 0,9 = 0,36$$

$$I_{sx2} = 0,34 \times 1,0 \times 0,9 = 0,31$$

$$I_{sx1} = 0,32 \times 1,0 \times 0,9 = 0,29$$

Berdasarkan data I_{sx} yang sudah didapatkan, nilai I_{sx} yang ditinjau pada tiap lantai memiliki nilai yang kecil dari nilai I_{so} yaitu = 0,1368. Maka tiap lantai dapat dikategorikan aman jika merespon gaya gempa. Namun nilai kerentanan paling tinggi berada pada lantai satu dengan nilai 0,29. Hal tersebut disebabkan karena pada nilai I_{sx} lantai satu sangat mendekati nilai I_{so} . Oleh karena itu kerentanan paling tinggi untuk arah x berada pada lantai 1.

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil First Screening Arah y

| lantai | $\frac{n+1}{n+i}$ | Member category | C_c | F | E_0 |
|--------|-------------------|-----------------|-------|-----|-------|
| 5 | $\frac{6}{10}$ | Kolom | 2,67 | 1,0 | 1,63 |
| 4 | $\frac{6}{9}$ | Kolom | 1,34 | 1,0 | 0,91 |
| 3 | $\frac{6}{8}$ | Kolom | 0,89 | 1,0 | 0,68 |
| 2 | $\frac{6}{7}$ | Kolom | 0,67 | 1,0 | 0,58 |
| 1 | $\frac{6}{6}$ | Kolom | 0,46 | 1,0 | 0,47 |

Perhitungan nilai I_{sy} sebagai berikut:

$$I_{sy} = E_0 \times SD \times T$$

$$I_{sy5} = 1,63 \times 1,0 \times 0,9 = 1,47$$

$$I_{sy4} = 0,91 \times 1,0 \times 0,9 = 0,82$$

$$I_{sy3} = 0,68 \times 1,0 \times 0,9 = 0,61$$

$$I_{sy2} = 0,58 \times 1,0 \times 0,9 = 0,53$$

$$I_{sy1} = 0,47 \times 1,0 \times 0,9 = 0,42$$

Berdasarkan data I_{sy} yang sudah didapatkan, nilai I_{sy} yang ditinjau pada tiap lantai memiliki nilai yang kecil dari nilai I_{so} yaitu = 0,1368. Maka tiap lantai dapat dikategorikan aman jika merespon gaya gempa. Namun nilai kerentanan paling tinggi berada pada lantai satu dengan nilai 0,42. Hal tersebut disebabkan karena pada nilai I_{sy} lantai satu sangat mendekati nilai I_{so} .

Oleh karena itu kerentanan paling tinggi untuk arah y berada pada lantai 1

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis tingkat kerentanan bangunan menggunakan metode gelombang *Rayleigh*, bangunan perpustakaan pusat UNP dikategorikan aman ketika menerima getaran untuk gempa ($\alpha = 398$ gal) dan gempa ($\alpha = 450$ gal), dikarenakan bangunan akan runtuh jika nilai sudut drift (γ) berada pada rentang 1/100 – 1/200 (Sato et al., (2008 dalam Hadianfard et al, 2017). Sedangkan untuk nilai sudut *drift* pada Perpustakaan Pusat UNP tidak berada pada rentang tersebut. Akan tetapi nilai kerentanan yang paling tinggi berada pada lantai 1 yang dapat dilihat dari nilai rata-rata K_b yang paling tinggi serta nilai sudut *drift* yang mendekati rentang kegagalan struktur. Sedangkan hasil analisis dari *First Screening Method*, diperoleh tingkat kerentanan pada bangunan Perpustakaan Pusat UNP arah x dan y. Suatu bangunan dapat dikategorikan aman ketika nilai indeks seismik struktur (I_s) lebih besar dari nilai indeks *demand*. Pada penelitian metode ini, nilai I_s yang didapatkan pada arah x ataupun y lebih besar dari nilai I_{s0} yang didapatkan. Maka dari itu, bangunan Perpustakaan Pusat UNP dapat dikategorikan aman ketika menerima getaran gempa, namun nilai kerentanan paling tinggi yaitu ada pada lantai 1. Hal tersebut disebabkan karena nilai I_s pada lantai 1 arah x atau arah y paling mendekati nilai I_{s0} . Maka dari itu kesimpulan mengenai perbandingan penggunaan metode gelombang *Rayleigh* dan *First Screening Method* adalah hasil analisis bangunan Perpustakaan UNP dari kedua metode ini sama-sama dikategorikan aman. Selain itu nilai kerentanan paling tinggi juga didapatkan pada lantai 1 oleh kedua metode ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayi, W. V., & Bahri, S. (2012). Analisis Mikrotremor untuk Evaluasi Kekuatan Bangunan Studi Kasus Gedung Perpustakaan ITS. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1), B52–B56. http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/435
- Dunand, F., Bard, P.-Y., Chatelain, J.-L., Gueguen, P., Vassail, T., & Farsi, M. N. (2002). Damping and frequency from randomdec method applied to in situ measurements of ambient vibrations: evidence for effective soil structure interaction. *12th European Conference on Earthquake Engineering*, 869.
- Hadianfard, M. A., Rabiee, R., & Sarshad, A. (2017). Assessment of Vulnerability and Dynamic Characteristics of a Historical Building Using Microtremor Measurements. *International Journal of Civil Engineering*, 15(2), 75–183. <https://doi.org/10.1007/s40999-016-0086-2>
- Naryanto, H. S. (2019). Analisis Bahaya, Kerentanan Dan Risiko Bencana Tsunami Di Provinsi Papua Barat. *Jurnal Alami : Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 3(1), 10. <https://doi.org/10.29122/alami.v3i1.3399>
- Prastowo, R., & Prabowo, U. N. (2017). Evaluasi Kerentanan Gedung Rektorat Sttnas Terhadap Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Mikrotremor. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 9(1), 83. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v9i1.113>
- Putra, R. R., & Saputra, D. (2022). Assessment Tingkat Kerentanan Bangunan Bertingkat di Kampus Universitas Negeri Padang Menggunakan Gelombang Rayleigh. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2638–2648. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3826>
- Syam, A. (2016). Kelayakan Jalur Evakuasi Tsunami Di Kecamatan Padang Utara Kota Padang. *Jurnal*, 1(1), 11–22.
- Tanjung, N. A. F., Yuniarto, H. P., & Widyawarman, D. (2019). Analisis Amplifikasi Dan Indeks Kerentanan Seismik Di Kawasan Fmipa Ugm Menggunakan Metode HVSR. *Jurnal Geosaintek*, 5(2), 60. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v5i2.5726>
- Nishiyama, Isao, Masaomi, Hiroshi, Dkk.(2001)..*S Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings*.Japan.The Japan Building Disaster Prevention Association.