Jurnal MIPA dan Pembelajarannya, 2(3), 2022, 223-231
ISSN: 2798-0634 (online)
DOI: 10.17977/um067v2i3p223-231

Analisis *Mikrotremor* untuk Pemetaan Jalur Evakuasi Gedung Universitas PGRI Yogyakarta

Danang Widyawarman[1]*, Radiaswari Subangun[2], Rahmat Wahyu Prabowo[2]
[1]Jurusan Teknologi Rekayasa Elektro-medis, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta
[2]Jurusan Arsitektur, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta
*Penulis korespondensi, Surel: danngwidyawarman@upy.ac.id

Paper received: 01-03-2022; revised: 15-03-2022; accepted: 31-03-2022

Abstract

This research is an initial study to map the level of vulnerability of buildings on the Campus I, Universitas PGRI Yogyakarta as an effort to plan disaster mitigation accessibility, especially for earthquakes. The two main buildings were taken as research objects by considering the age of the buildings which are quite old Building B and the important functions they serve as the university administration area Building A. The research method uses descriptive qualitative analysis methods by means of measurement and direct observation of the object of observation. The level of fidelity is obtained from measurements using microtremor analysis of the FSR (floor spectral ratio). From the results of the vulnerability value obtained, and continued with the mapping of vulnerable and safety zoning. This study aims to determine the level of vulnerability of buildings to seismic vibrations in Building A and Building B as a reference for determining the path of movement in the building during disaster evacuation and mapping the indoor and outdoor safety zones in Building A and Building B, so that self-rescue efforts can be carried out quickly and safely in the event of a disaster.

Keywords: Microtremor; FSR; Earthquakes; Disaster Mitigation; Evacuation Route

Abstrak

Penelitian ini merupakan studi awal untuk memetakan tingkat kerawanan bangunan di Kampus I Universitas PGRI Yogyakarta (UPY) sebagai upaya perencanaan aksesibilitas mitigasi bencana khususnya gempa bumi. Kedua bangunan utama tersebut diambil sebagai objek penelitian dengan mempertimbangkan usia bangunan yang cukup tua yaitu Gedung B dan fungsinya yang penting sebagai kawasan administrasi universitas yaitu Gedung A . Metode penelitian menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif dengan cara pengukuran dan pengamatan langsung terhadap objek pengamatan. Tingkat fidelitas diperoleh dari pengukuran menggunakan analisis mikrotremor FSR (floor spectral ratio). Dari hasil nilai kerawanan yang didapat, dan dilanjutkan dengan pemetaan kerawanan dan zona aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerawanan bangunan terhadap getaran gempa di Gedung A dan Gedung B sebagai acuan untuk menentukan jalur pergerakan pada gedung pada saat evakuasi bencana dan pemetaan zona aman indoor dan outdoor di Gedung A dan Gedung B, sehingga upaya penyelamatan diri dapat dilakukan dengan cepat dan aman jika terjadi bencana.

Kata kunci: Mikrotremor; FSR; Gempa Bumi; Mitigasi Bencana; Jalur Evakuasi

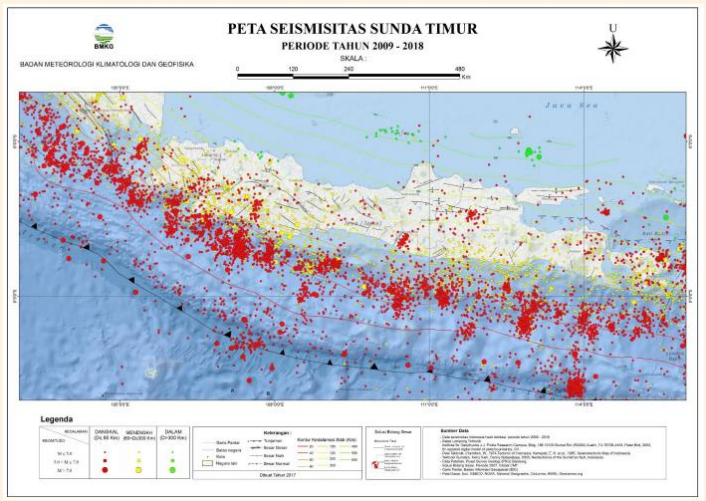
1. Pendahuluan

Berdasarkan pemantauan dan analisis dari BMKG tahun 2018 Indonesia dinyatakan berada di atas posisi jalur tiga lempeng benua, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Aktivitas pergerakan tiga lempeng benua tersebut menyebabkan wilayah kepulauan Indonesia sebagai wilayah dengan aktivitas tektonik aktif. Sementara itu, letak geografis Indonesia juga berada di jalur cincin api dunia, yang artinya aktivitas gunung

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

berapi juga berpotensi menyebabkan getaran gempa vulkanik(*Indonesia Tsunami Early Warning System - InaTEWS*, n.d.).

Perlu disadari bahwa posisi Indonesia pada umumnya, dan kota Yogyakarta khususnya merupakan daerah yang rentan terhadap bencana gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Oleh karena itu, bangunan yang berdiri di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap kerusakan struktural. Untuk mengantisipasi kondisi kerentanan tersebut dapat dilakukan 2 alternatif tindakan. Pertama dengan memperkuat struktur pada bangunan sesuai dengan standar kekuatan struktur bangunan tahan gempa. Hal ini dapat dilakukan pada kondisi pembangunan gedung baru. Sementara alternatif tindakan kedua adalah dengan perencanaan mitigasi bencana dan tanggap darurat yang aman dan efektif.



Gambar 1. Peta Seismisitas Pulau Jawa tahun 2009 - 2018

(Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak Tahun 1821-2018, BMKG, 2019)

Dengan demikian, evakuasi kondisi darurat merupakan suatu hal yang wajib diperhatikan dalam setiap proses pembangunan bangunan gedung baru maupun peremajaan gedung lama, terutama di Indonesia yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana. Hal tersebut telah diatur oleh pemerintah dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang No.28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, khususnya pada Pasal 59 yang menjelaskan mengenai standar-standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan evakuasi pada bangunan bertingkat tinggi atau bangunan gedung.

Salah satu gedung di Yogyakarta yang membutuhkan perencanaan mitigasi bencana ini adalah gedung-gedung di Kampus Unit 1, Universitas PGRI Yogyakarta. Diprioritaskan terutama pada Gedung A dan Gedung B yang memiliki fungsi penting dan paling banyak penggunanya. Gedung A di kampus Unit 1, Universitas PGRI Yogyakarta merupakan gedung 3 lantai yang didirikan pada tahun 2000. Gedung tersebut berfungsi sebagai gedung rektorat, administrasi universitas, kantor program pascasarjana IPS, dan ruang multimedia. Sedangkan Gedung B merupakan sebuah bangunan 3 lantai yang didirikan pada tahun 1989, menampung fungsi museorium sejarah, kantor LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat), kantor BPM (Badan Penjaminan Mutu), ruang dosen Program Studi Arsitektur dan PGPAUD

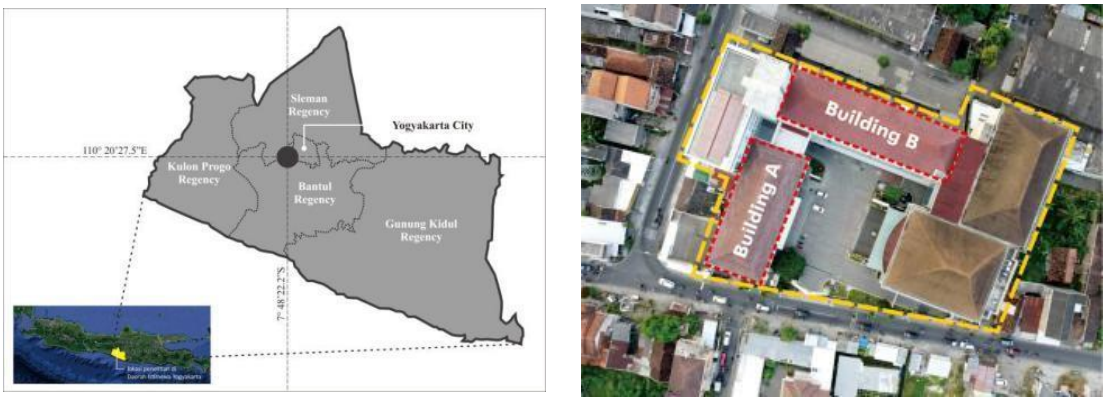
(Pendidikan Guru Pendidikan Usia Dini), serta ruang-ruang kelas dengan kapasitas 250 - 300 mahasiswa setiap harinya selama masa perkuliahan sebelum pandemi ini.

Kedua bangunan tersebut merupakan bangunan gedung yang harus diperhatikan sistem tanggap daruratnya. Pada masa dibangunnya kedua gedung tersebut belum ada peraturan yang cukup jelas yang mengatur standar pembangunan gedung yang tahan gempa dan mengarahkan tentang keselamatan pengguna gedung pada saat terjadi bencana. Oleh karena itu sampai saat ini Gedung A dan B yang terletak di kampus Unit 1 UPY ini belum mempunyai perencanaan jalur evakuasi yang memadai untuk memfasilitasi kebutuhan mitigasi bencana yang sewaktu-waktu dapat terjadi dan menjamin keselamatan seluruh pengguna gedung.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan 2 langkah, deskriptif-simulasi, dengan metode analisis 2 tahap, kuantitatif-kualitatif. Tahap pertama adalah mencari nilai kerentanan suatu area terhadap bahaya gempa dan turunannya, dengan menggunakan pengukuran frekuensi/amplitudo getaran mikronya, yang kemudian diolah dengan menggunakan metode analisis mikrotremor dan FSR (*floor Spectral Ratio*). Tahap kedua adalah asesmen tingkat kenyamanan gerak dan keamanan penggunaan ruang koridor/sirkulasi sebagai akses keluar masuk ruang di dalam gedung, dengan pemetaan jalur-jalur akses sirkulasi per lantai dan antar lantai yang ada, berdasarkan standar peraturan UU (Undang-Undang), PP (Peraturan Pemerintah), PerMen (Peraturan Menteri), SNI (Standar Nasional Indonesia), serta teori-teori terkait jalur pencapaian teraman dan terpendek yang dibutuhkan pada jalur evakuasi.

Lokasi penelitian berada di kawasan kampus unit 1, Universitas PGRI Yogyakarta, Jl. IKIP PGRI No. 117, Sonosewu, Kelurahan Ngestiharjo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, yang akan difokuskan pada ruang dalam (*indoor*) dan ruang luar (*outdoor*) gedung A dan Gedung B yang ditunjukkan pada gambar 2.



(a) **(b)**

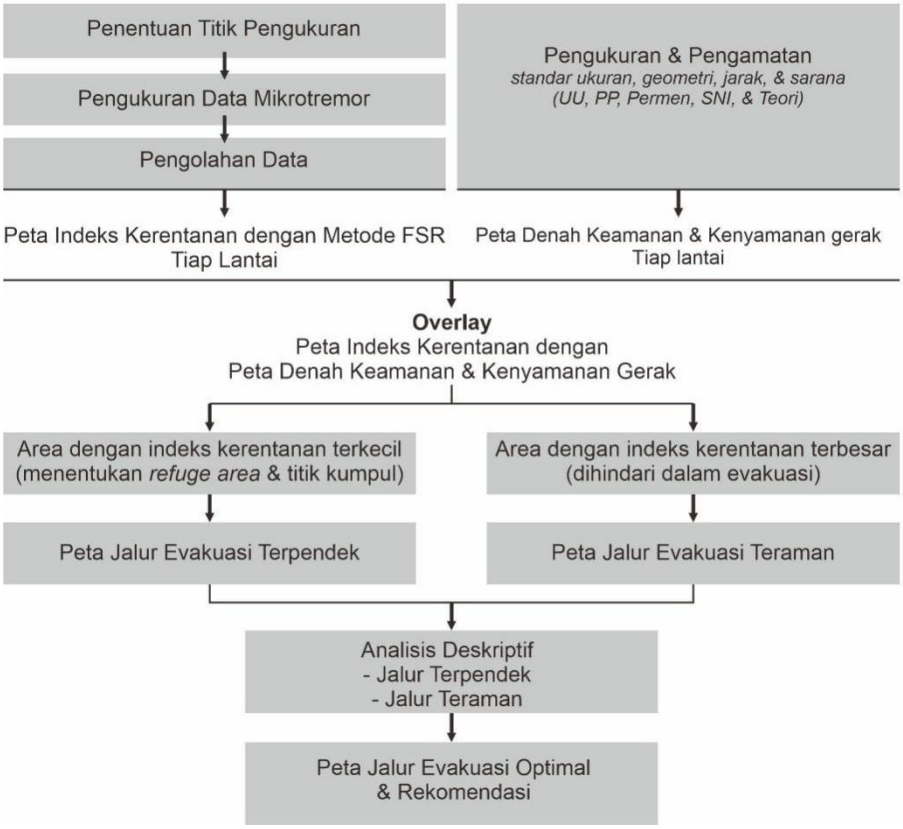
Gambar 2. Lokasi Penelitian. (a) lokasi pada peta kabupaten Bantul, DIY ; (b) Gedung A dan Gedung B pada Kampus Universitas PGRI Yogyakarta

Pada tahap Teknik analisis data pertama dilakukan pengolahan data hasil pengukuran dari domain waktu ke domain frekuensi dengan menggunakan Transformasi Fourier. Data

frekuensi dominan dan amplifikasi kemudian diolah menggunakan menggunakan analisis HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) dan FSR (*floor Spectral Ratio*) yang kemudian dihasilkan Peta Indeks Kerentanan dengan visualisasi berupa gradasi warna yang menunjukkan tingkat kerentanan bangunan dari yang tertinggi sampai terendah.

Analisis tahap kedua dilakukan dengan melakukan asesmen kualitas keamanan dan kenyamanan gerak jalur sirkulasi/koridor dan ruang bangunan menggunakan parameter standar persyaratan ukuran, geometri, dan sarana untuk mitigasi bencana yang berlaku di Indonesia. Hasil dari analisis ini berupa Peta Denah Kualitas Keamanan dan Kenyamanan Gerak yang divisualisasikan dalam gambar gradasi warna yang selanjutnya pada tahap ketiga, gambar peta hasil analisis tahap 1 dan 2 di-*overlay*-kan menghasilkan gambar peta dengan gradasi warna gabungan yang memperlihatkan tingkat keamanan & kenyamanan sirkulasi gerak menyeluruh pada area bangunan, baik di dalam bangunan maupun luar bangunan. Area/ruang yang luas dengan warna cerah menunjukkan kelayakan sebagai area perlindungan (*refuge area*) ataupun titik kumpul. Jalur sirkulasi/koridor dengan warna yang cerah diprioritaskan sebagai jalur evakuasi teraman sehingga dapat diperoleh alternatif-alternatif arah jalur evakuasi terbaik. Alternatif jalur evakuasi tersebut kemudian digambarkan pada gambar denah yang dapat digunakan sebagai arahan jalur evakuasi dalam hal ini perencanaan tanda penunjuk arah evakuasi (*signage*) yang belum ada saat ini.

Analisis pada tahap akhir dilakukan dengan deskriptif-kualitatif memberikan gambaran kondisi kualitas keamanan dan kenyamanan bangunan dalam melayani proses evakuasi pada saat kondisi darurat. Alternatif-alternatif jalur evakuasi disajikan sebagai pilihan yang dapat diterapkan di Gedung A dan B Unit 1 Kampus UPY. Alternatif-alternatif dapat dipilih dengan berbagai kemungkinan optimalisasi/perbaikan bangunan untuk memperoleh performa bangunan yang maksimal dalam melayani proses evakuasi dalam rangka meminimalisir kerugian dan jatuhnya korban jiwa saat terjadi kondisi darurat (bahaya atau bencana menunjukkan tingkat kualitas keamanan dan kenyamanan gerak tertinggi sampai terendah).

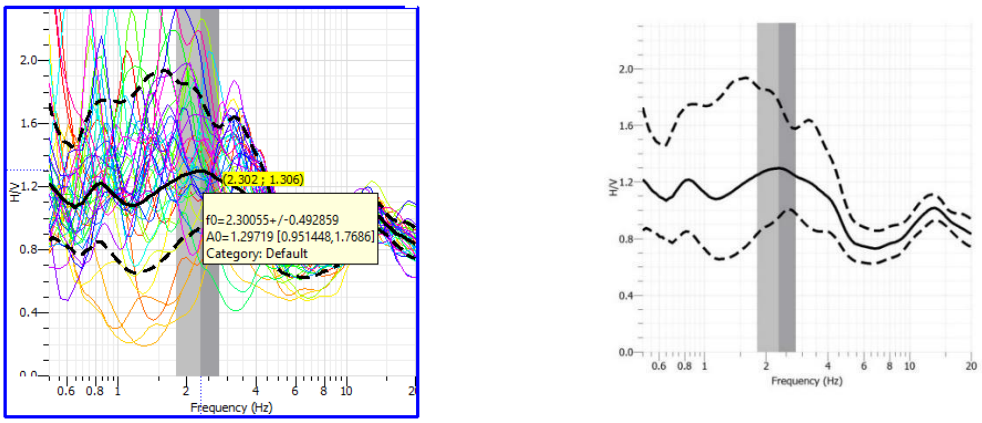


Gambar 3. Skema Kerangka Penelitian

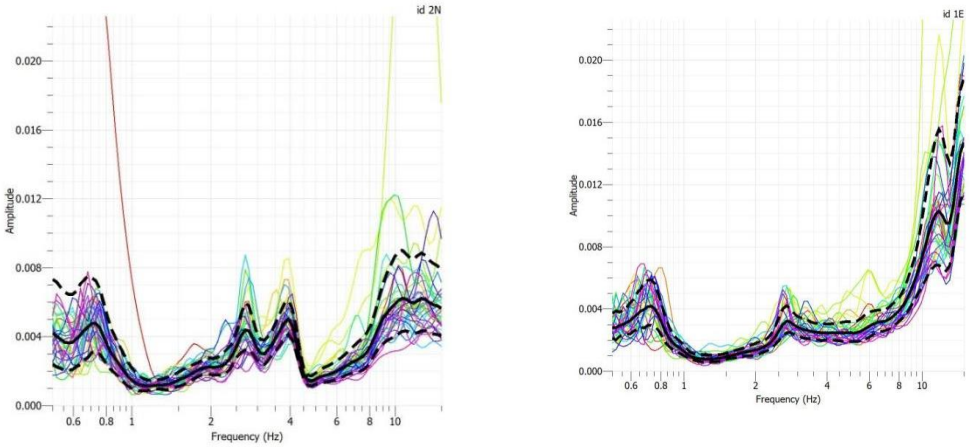
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran dan Analisis Mikrometer

Hasil pada penelitian ini adalah berupa bentuk sinyal pada kawasan frekuensi mikrotremor dengan menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Melalui sinyal pada kawasan frekuensi tersebut dianalisis berupa frekuensi natural/ frekuensi dominan dan amplifikasi/ amplitudo. Bentuk-bentuk sinyal mikrotremor dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Hasil FFT Mikro tremor pada Tanah (Ground)



Gambar 5. Hasil FFT Mikrotremor pada Lantai 1. Gedung A

Melalui hasil perhitungan maka didapatkan nilai resonansi dan kerentanan gedung A dan B Kampus I Universitas PGRI sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisis Mikrotremor Arah NS (Utara – Selatan)

Titik	A	Fb	Ft	H (m)	R (%)	Tingkat Resonansi	Kb
L1-GA-A	0.00504	3.868	2.3	4	68.17391304	Rendah	0.001898129
L1-GA-B	0.00585	3.901	2.3	4	69.60869565	Rendah	0.002166068
L2-GA-A	0.0236	4.057	2.3	8	76.39130435	Rendah	0.004039617
L2-GA-B	0.0247	4.057	2.3	8	76.39130435	Rendah	0.004227904
L3-GA-A	0.0429	4.092	2.3	12	77.91304348	Rendah	0.004812082
L3-GA-B	0.0486	4.127	2.3	12	79.43478261	Rendah	0.005359377
L1-GB-A	0.01032	2.87	2.3	4	24.7826087	Sedang	0.007059665
L1-GB-B	0.00282	2.704	2.3	4	17.56521739	Sedang	0.002173221
L2-GB-A	0.0179	4.057	2.3	8	76.39130435	Rendah	0.003063947
L2-GB-B	0.00474	2.822	2.3	8	22.69565217	Sedang	0.001676882
L3-GB-A	0.00935	2.774	2.3	12	20.60869565	Sedang	0.002282158
L3-GB-B	0.00629	2.75	2.3	12	19.56521739	Sedang	0.001562184

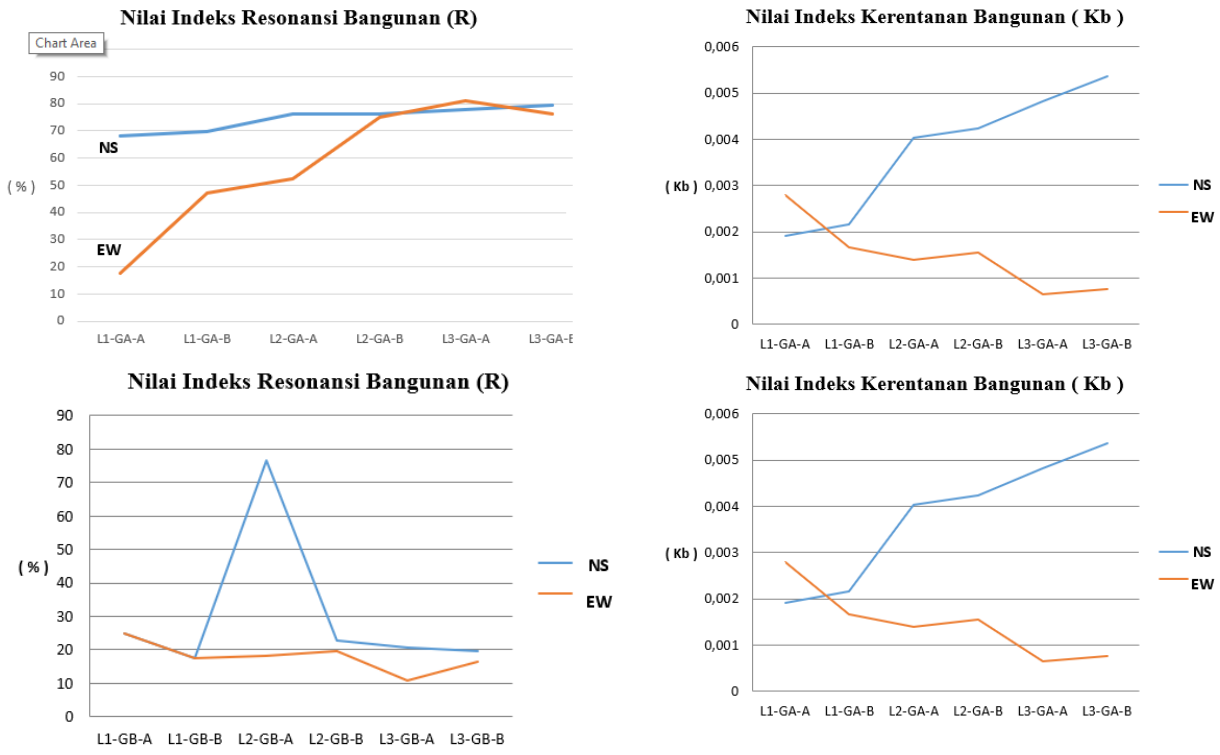
Tabel 2. Hasil Analisis Mikrotremor Arah EW (Timur – Barat)

Titik	A	Fb	Ft	H (m)	R (%)	Tingkat Resonansi	Kb
L1-GA-A	0.00323	2.704	2.3	4	17.56521739	Sedang	0.002489186

L1-GA-B	0.00302	3.385	2.3	4	47.17391304	Rendah	0.001485107
L2-GA-A	0.0054	3.509	2.3	8	52.56521739	Rendah	0.001235564
L2-GA-B	0.0079	4.023	2.3	8	74.91304348	Rendah	0.001375198
L3-GA-A	0.0052	4.163	2.3	12	81	Rendah	0.000563557
L3-GA-B	0.0059	4.057	2.3	12	76.39130435	Rendah	0.000673269

L1-GB-A	0.00592	2.87	2.3	4	24.7826087	Sedang	0.00404973
L1-GB-B	0.00241	2.704	2.3	4	17.56521739	Sedang	0.001857256
L2-GB-A	0.0045	2.715	2.3	8	18.04347826	Sedang	0.001719931
L2-GB-B	0.00312	2.75	2.3	8	19.56521739	Sedang	0.001162325
L3-GB-A	0.00402	2.547	2.3	12	10.73913043	Tinggi	0.001163898
L3-GB-B	0.00385	2.681	2.3	12	16.56521739	Sedang	0.001006037

Berdasarkan hasil analisis dapat dilihat mengenai grafik hubungan kerentanan gempa pada tiap lantai yang dapat dilihat pada Grafik 1 dan Grafik 3 untuk Gedung A, untuk dan grafik hubungan amplitudo spektrum tiap lantai yang dapat dilihat pada Grafik 2 dan Grafik 4 Sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Resonansi bangunan Tiap Lantai pada Gedung A

Tingkat kerentanan bangunan terhadap gempa bumi ditentukan berdasarkan nilai dari indeks resonansi bangunan dan indeks kerentanan bangunan. Berdasarkan klasifikasi (Gosar et al., 2010), nilai indeks resonansi Gedung A dan B Kampus I Universitas PGRI Yogyakarta masuk

dalam kategori rendah untuk Gedung A dan B, kemudian sedang untuk Gedung B arah NS (Utara – Selatan), dan kategori tinggi untuk Gedung B lantai 3 arah EW (Timur – Barat). Nilai indeks resonansi (R) menggambarkan kemungkinan bangunan mengalami resonansi akibat getaran gempa bumi. Jika indeks resonansi semakin kecil maka frekuensi natural bangunan semakin mendekati (hampir sama) dengan frekuensi tanah sehingga semakin rawan mengalami resonansi gempa bumi yang dapat membuat kerusakan pada bangunan.

Nilai indeks kerentanan bangunan yang rendah menunjukkan frekuensi dominan bangunan yang tinggi dan nilai redaman yang rendah sehingga bangunan tersebut memiliki struktur yang lemah dan berpotensi mengalami kerusakan saat terjadi gempa bumi (Sungkono & Triwulan, 2011). Nilai indeks kerentanan bangunan untuk Gedung A dan B paling rendah berada pada lantai 3, sehingga ruangan yang paling rentan mengalami kerusakan saat terjadi gempa bumi adalah ruangan di lantai 3. Hasil analisis data menunjukkan pada spektrum komponen barat-timur memiliki nilai indeks kerentanan bangunan dan frekuensi dominan yang lebih kecil serta amplitudo spektrum yang lebih besar dibandingkan komponen utara-selatan sehingga bangunan akan lebih banyak berpotensi rusak dan mengalami goncangan pada arah barat-timur.

3.2. Hasil Pengukuran dan Analisis Aksesibilitas Jalur Evakuasi Menuju Refuge Area

Area pendataan karakteristik jalur evakuasi terletak di Gedung A dan B Kampus Unit 1 Universitas PGRI Yogyakarta. Kedua bangunan memiliki jumlah lantai yang sama, yaitu 3 lantai tanpa rooftop dan ketinggian bangunan yang sedikit berbeda. Kedua gedung tersebut terhubung secara struktural, namun hanya pada lantai 2 yang memiliki akses penghubung di lantai 2. Di lantai 1 ruang di Gedung A dan Gedung dipisahkan oleh jalur akses kendaraan yang melewati kedua gedung tersebut. Sedangkan di lantai 3, walaupun ruang Multimedia dan ruang Studio Arsitektur saling bersebelahan, namun akses ke arah kedua ruang tersebut berbeda. Ruang multimedia hanya dapat dicapai dari Gedung A di lantai 3, sementara ruang Studio Arsitektur hanya dapat diakses melalui Gedung B di lantai 3. Dari hasil pemetaan area rentan, diketahui area titik kumpul *(refugee area)* paling aman terletak di halaman parkir outdoor yang berada di tengah di antara susunan bangunan yang membentuk pola U.

Ruang terjauh dari titik kumpul (*refugee area*) pada Gedung A adalah titik di dalam ruang Multimedia (utara) dan ruang program pascasarjana IPS (selatan) yang terletak di lantai 3. Pada Gedung B titik terjatuh terletak di ruang kelas 301 di bagian barat dan ruang WC di sisi paling timur di lantai 3. Ruang-ruang terjauh ini yang akan diukur jarak dan kecepatan pencapaiannya ke area titik tumpul

4. Simpulan

Dapat disimpulkan bahwa area paling rawan terhadap kerusakan pada saat gempa terletak di lantai 3 sisi barat Gedung B. Gedung B memiliki tingkat potensi kerusakan lebih besar daripada gedung A. Area di Gedung A yang memiliki potensi kerusakan paling besar terletak di lantai 1 bagian selatan yaitu di area rektorat, namun dengan tingkat kerentanan sedang. Hal ini patut menjadi perhatian dalam perencanaan evakuasi pada langkah berikutnya. Hal yang harus dipertimbangkan langkah-langkah evakuasi pada titik-titik paling rawan, yaitu :

1. Sisi barat lantai 3 Gedung B yang mempunyai nilai kerentanan tertimggi dan dianggap berbahaya.
2. Sisi selatan lantai 1 Gedung A yang memiliki nilai kerentanan sedang, namun merupakan kantor utama Universitas PGRI Yogyakarta sehingga perlu adanya penanganan ekstra.
3. Sisi timur lantai 3 Gedung B merupakan titik dengan jarak terjauh dari area titik kumpul sehingga perlu diperhatikan aksesibilitas yang bebas hambatan agar kecepatan evakuasi dapat dipercepat.
4. Pada beberapa lokasi masih ditemukan akses keluar yang sempit sehingga berpotensi menghambat arus evakuasi. Oleh karena itu perlu dilakukan pelebaran akses keluar yang lebih lebar sesuai dengan ketentuan, yaitu minimal 91,5 cm.
5. Dari segi kecepatan waktu evakuasi telah memenuhi standar kecepatan minimal, yaitu dibawah 60 detik dari titik terjauh dan terentan.
6. Jalur evakuasi pada Gedung B disarankan menggunakan koridor luar yang sudah ada dengan kondisi yang sudah memenuhi standar dan akses tangga vertikal di Gedung B yang paling dekat jaraknya.
7. Pada area tengah lantai 2 Gedung A yang merupakan jalur penghubung antara Gedung A dan Gedung B memiliki pola koridor yang memiliki belokan paling banyak dan lebar efektif akses paling sempit, yaitu 80 cm.
8. Pada titik B4 di Gedung A diarahkan untuk menggunakan akses evakuasi Gedung B dengan pertimbang jarak yang lebih dekat dan kondisi lebar koridor yang lebih besar (120 cm).

Daftar Rujukan

Gosar, A., Rošer, J., Šket Motnikar, B., & Zupančič, P. (2010). Microtremor Study of Site Effects and Soil-Structure Resonance in The City Of Ljubljana (Central Slovenia). *Bulletin of Earthquake Engineering*, *8*(3), 571–592.

Indonesia Tsunami Early Warning System—InaTEWS. (n.d.). Retrieved June 6, 2022, from http://inatews2.bmkg.go.id/new/tentang_eq.php

Sungkono, D. D. W., & Triwulan, W. U. (2011). Evaluation of Buildings Strength from Microtremor Analyses. *Structure*, *6*, 8.