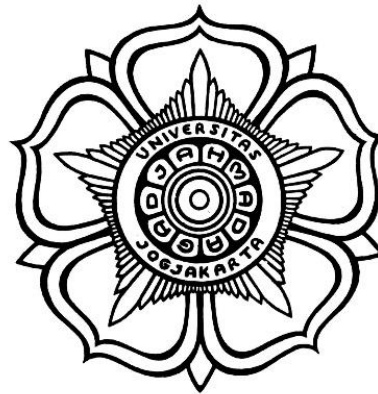


TESIS

**EVALUASI KETAHANAN BANGUNAN TERHADAP GEMPABUMI
PADA GEDUNG APARTEMEN TAMAN MELATI YOGYAKARTA
BERDASARKAN ANALISIS MIKROTREMOR**

***EARTHQUAKE RESILIENCE EVALUATION OF TAMAN MELATI
YOGYAKARTA APARTMENT BUILDING BASED ON MICROTREMOR
ANALYSIS***



INDAH DHAMAYANTI

20/466373/PPA/05939

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA**

2023

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
INTISARI.....	2
BAB I PENDAHULUAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III METODE PENELITIAN.....	9
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	13
BAB V KESIMPULAN.....	17
DAFTAR PUSTAKA.....	18

INTISARI

EVALUASI KETAHANAN BANGUNAN TERHADAP GEMPABUMI PADA GEDUNG APARTEMEN TAMAN MELATI YOGYAKARTA BERDASARKAN ANALISIS MIKROTREMOR

Oleh

Indah Dhamayanti

20/466373/PPA/05939

Gempa bumi di Yogyakarta pada tahun 2006 dengan kekuatan 5,9 Mw menimbulkan korban jiwa, kerusakan bangunan dan infrastruktur. Upaya mitigasi bencana untuk mengurangi resiko bencana gempabumi perlu dilakukan salah satunya dengan melakukan evaluasi ketahanan bangunan terhadap gempabumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan bangunan gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta terhadap gempabumi ditinjau dari indeks resonansi, simpangan horisontal maksimum lantai, simpangan antar tingkat, percepatan yang masih bisa diterima struktur dan indeks kerentanan bangunan berdasarkan SNI 1726:2019.

Analisis HVS_R (*Horizontal to Vertikal Spektral Ratio*) diterapkan untuk satu titik rekaman mikrotremor *free-field* dan FSR (*Floor Spektral Ratio*) untuk 32 titik rekaman mikrotremor di dalam gedung 15 lantai. Gedung ini memiliki frekuensi alami dalam kisaran 0,899 s/d 1,179 Hz dan tingkat resonansi terhadap tanah yang rendah. Simpangan horizontal maksimum yang dimiliki gedung adalah 203,68 cm pada arah sejajar sumbu N-S gedung dan 184,45 cm pada arah sejajar sumbu E-W. Berdasarkan SNI 1726:2019 gedung ini memiliki batas kritis simpangan antar tingkat yaitu 6,2 cm dan tidak terdapat lantai yang melebihi batas kritis simpangan antar tingkat. Parameter indeks kerentanan bangunan memiliki batas kritis bernilai 84,27 (1/gal). Nilai indeks kerentanan bangunan yang didapatkan pada arah sejajar sumbu N-S berada di kisaran 1,94 – 11,59 (1/gal). Sedangkan pada arah sejajar sumbu E-W bernilai 1,43 – 20,49 (1/gal) sehingga tidak terdapat titik yang melebihi batas kritis kerentanan bangunan. Dari parameter percepatan struktur, gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta memiliki percepatan struktur yang lebih besar dari percepatan puncak batuan dasar berdasarkan perhitungan sehingga dinilai aman.

Kata kunci: Mikrotremor, FSR, indeks kerentanan bangunan, Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta, ketahanan gempa

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia berada dalam kawasan cincin api Pasifik aktif akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Tataan tektonik wilayah Indonesia berupa pertemuan antara tiga lempeng yakni lempeng Eurasia di bagian utara, lempeng Pasifik di bagian timur dan lempeng Indo-Australia di bagian selatan yang aktif bergerak. Pergerakan tektonik ini menimbulkan munculnya sesar-sesar sebagai sumber gempabumi. Indonesia termasuk daerah kegempaan aktif.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat sejak tahun 2010-2018 telah terjadi 114 kali gempabumi yang berdampak menimbulkan kerusakan (Setiyono dkk, 2019). Gempabumi berskala besar sering menimbulkan korban jiwa dan kerugian materi yang besar (Sunarjo, 2012). Yogyakarta merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan ancaman gempabumi. Gempabumi di Yogyakarta pada tahun 2006 dengan kekuatan 5,9 Mw menimbulkan korban jiwa, kerusakan infrastruktur dan bangunan.

Upaya mitigasi bencana untuk mengurangi resiko bencana gempabumi perlu dilakukan. Evaluasi ketahanan bangunan terhadap gempabumi dilakukan sebagai salah satu upaya untuk memitigasi bencana gempabumi. Sejumlah peneliti telah melakukan penelitian tentang evaluasi ketahanan bangunan dengan berbagai metode salah satunya yaitu metode analisis mikrotremor.

Apartemen Taman Melati Yogyakarta merupakan salah satu apartemen yang berada di wilayah Sleman, Bangunan berdiri di tanah seluas 4785 m² terdiri dari 15 lantai, 899 unit berdampingan dengan wilayah kampus Universitas Gadjah Mada dan Kali Code. Penelitian tentang ketahanan bangunan terhadap gempabumi pada bangunan gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta perlu untuk dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan didasarkan pada Standar Nasional Indonesia tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa pada Bangunan Gedung (SNI-1726-2019).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian dilakukan di Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta di Jl. Jembatan. Baru UGM, Pogung Kidul, Sinduadi, Sleman, Yogyakarta. Batuan penyusun wilayah Yogyakarta terdiri dari batuan endapan merapi muda (Raharjo dkk. 1995). Kondisi seismisitas wilayah Yogyakarta dimana wilayah utara terdapat Gunungapi vulkanik aktif dan di sebelah selatan terdapat zona subduksi aktif yang menyebabkan aktifitas seismik berupa gempabumi. Menurut Setiyono, dkk (2019) berdasarkan data historis gempa di Wilayah Yogyakarta, sedikitnya ada empat gempabumi dengan magnitudo besar dan sifatnya merusak, gempa-gempa tersebut disebabkan oleh aktivitas tektonik zona aktif subduksi, yaitu tahun 1867, 1943, 1981, dan 2006. Penelitian mengenai evaluasi ketahanan bangunan terhadap gempabumi menggunakan analisis mikrotremor telah banyak dilakukan sebelumnya. Trifunac (1970) melakukan penelitian pada rangka baja dengan jumlah lantai 39 menggunakan *ambient vibration*. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa respon struktur dapat diidentifikasi melalui frekuensi alami gedung. Perbandingan nilai amplitudo lantai dengan atap gedung dapat menentukan pola goyangan gedung.

Nakamura dkk. (2000) menyebutkan bahwa pemeliharaan struktur dapat dilakukan dengan menentukan karakteristik dinamikanya. Penelitian dilakukan pada Menara Pisa. Pada penelitian ini Nakamura menyimpulkan bahwa dari analisis spektral rekaman percepatan dapat diperoleh nilai frekuensi alami. Arah perpindahan, pusat dan pola goyangan struktur dapat diketahui.

Penelitian tentang evaluasi ketahanan dan karakteristik dinamik dari Colloseum juga dilakukan oleh Nakamura (2000). Nakamura mengatakan bahwa frekuensi alami, faktor amplifikasi bangunan, ragam pola goyangan, indeks kerentanan bangunan, percepatan maksimum struktur dapat ditentukan dari analisis spektral rekaman percepatan. Respon tanah dan karakteristik dinamik struktur dapat diketahui melalui analisis frekuensi natural.

Putri (2018) melakukan penelitian tentang evaluasi ketahanan bangunan terhadap gempabumi pada gedung R. Soegondo. Dari penelitian tersebut diperoleh indeks resonansi rendah, simpangan horizontal maksimum sebesar 1031,09 mm dan simpangan antar tingkat maksimum sebesar 124,3 mm. Selain itu didapatkan indeks kerentanan bangunan maksimum sebesar 206,83 (1/gal) dan percepatan maksimum getaran bangunan Gedung R. Soegondo sebesar 18322,73 gal disimpulkan bahwa gedung R. Soegondo FIB UGM telah memenuhi persyaratan dan dikategorikan aman.

Penelitian Kusumastuti (2022) mengenai analisis HVSR (*Horizontal to Vertikal Spektral Ratio*) yang diterapkan untuk satu titik rekaman mikrotremor free-field dan FSR (*Floor Spektral Ratio*) untuk 14 titik rekaman mikrotremor di dalam gedung tujuh lantai menghasilkan frekuensi alami dalam kisaran 1,852 s/d 2,095 Hz dan tingkat resonansi dengan tanah yang rendah. Berdasarkan SNI 1726:2019 gedung ini memiliki simpangan antar tingkat yang melebihi batas yaitu 6,3 cm pada lantai 7 dengan nilai 7,2 cm. Parameter indeks kerentanan bangunan memiliki batas kritis bernilai 98,12 (1/gal). Terdapat dua lantai yang melebihi batas tersebut, yaitu lantai 6 dengan nilai 102,6 (1/gal) dan lantai 7 sebesar 142,9 (1/gal). Dari parameter percepatan, gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta memiliki percepatan struktur yang lebih besar dari percepatan puncak batuan dasar berdasarkan perhitungan sehingga dinilai aman.

Penelitian Andhika (2022) menunjukkan bahwa wilayah UGM memiliki frekuensi dominan 0,65–1,07 Hz. Amplifikasi pada wilayah ini terhitung rendah, berkisar pada rentang 2,13 – 3,10 dengan Indeks kerentanan Seismik pada rentang nilai antara 5,5 – 13,66 yang termasuk dalam kategori nilai kerentanan yang relatif rendah. Kemudian dengan perhitungan plinth level 0,4m dan seluruhnya panel batu bata, bangunan yang berisiko terhadap terjadinya resonansi di wilayah UGM adalah bangunan 2 dan 3 lantai namun relatif aman untuk bangunan tinggi.

3.1 Mikrotremor

Mikrotremor atau disebut juga *ambient noise* merupakan getaran tanah yang umumnya mempunyai sifat kontinyu, memiliki magnitudo kecil dan bersifat stasioner (Wahyuni, 2011). Menurut Seht & Wolenberg, (1999), mikrotremor meringkas semua getaran tanah yang bukan berasal dari event durasi pendek seperti gempabumi atau ledakan.

3.2 HVSr

Menurut Nakamura (2008) pada tanah yang lunak, gerakan komponen horisontal lebih besar daripada gerakan komponen vertikal. Disamping itu, pada tanah atau batuan yang keras, gerakan pada komponen horisontal dan vertikal menunjukkan hal yang mirip baik dari bentuk gelombang maupun nilai maksimumnya. Perbandingan nilai maksimum antara komponen horisontal dan vertikal dari rekaman gempabumi diberbagai lokasi sesuai dengan karakteristik tanah

Perhitungan komponen horisontal dilakukan dengan perhitungan akar rata-rata kuadrat dari komponen horisontal utara-selatan dan timur-barat. Persamaan (3.6) menjadi dasar perhitungan rasio spektrum mikrotremor komponen horisontal terhadap komponen vertikal (HVSr) atau dirumuskan sebagai berikut:

$$HVSr = \frac{\sqrt{(A_{(hor(east-west))}(f))^2 + (A_{(hor(north-south))}(f))^2}}{A_{(vertical)}(f)} \quad (3.7)$$

dengan,

$A_{(hor(east-west))}(f)$ = Nilai amplitudo spektral frekuensi komponen horisontal arah sumbu Timur-Barat

$A_{(hor(north-south))}(f)$ = Nilai amplitudo spektral frekuensi komponen horisontal arah sumbu Utara-Selatan

$A_{(vertical)}(f)$ = Nilai amplitudo spektral frekuensi komponen horisontal

3.3 FSR

Metode FSR merupakan pengukuran *ambient noise* pada bangunan dan merupakan rasio antara spektral pada lantai dengan spektral pada *free field* dekat bangunan tersebut. Dari pengukuran ini, didapatkan nilai amplifikasi dan frekuensi dominan bangunan yang dapat digunakan untuk evaluasi ketahanan bangunan (Qurrahman, 2016). Menurut Herak (2011) pengukuran mikrotremor pada bangunan merupakan metode pengukuran yang efektif, akurat dan menghasilkan perkiraan yang stabil dalam menentukan frekuensi dan redaman bangunan.

Kategori Risiko Bangunan diatur dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Kriteria gedung yang aman berdasarkan beberapa parameter fisis diantaranya Indeks Resonansi (IR), simpangan antar tingkat (γ_j), percepatan yang masih bisa diterima struktur (α_{bj}), dan Indeks Kerentanan Bangunan (Ktgj). Indeks Resonansi (IR) dikategorikan berdasarkan penelitian Gosar (2010). Semakin kecil nilai IR menunjukkan nilai frekuensi fundamental tanah (f_g) dan frekuensi alami bangunan (f_b) semakin kecil, maka resonansi yang terjadi pada saat terjadinya gempabumi akan semakin besar. Parameter simpangan antar tingkat memiliki batas kritis. Jika nilai simpangan antar tingkat yang didapatkan kurang dari batas kritis maka lantai tersebut termasuk dalam kategori aman. Percepatan yang masih bisa diterima struktur (α_{bj}) dihitung berdasarkan rumus percepatan dari Nakamura, dkk. (2000). Batas kritis parameter ini adalah PGA batuan dasar (α_b) di lokasi keberadaan gedung. Apabila nilai α_{bj} lebih besar daripada α_b , maka gedung tersebut termasuk dalam kategori aman. Indeks Kerentanan Bangunan (Ktgj) dihitung berdasarkan rumus dalam Nakamura, dkk. (2000) kemudian dibandingkan dengan batas kritisnya. Batas kritis indeks kerentanan bangunan dipengaruhi oleh simpangan yang diizinkan (γ_{bj}) dalam SNI 1726:2019 dan PGA batuan dasar (α_b)

BAB III

METODE PENELITIAN

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Apartemen Taman Melati Yogyakarta berada di wilayah Sleman, Yogyakarta tepatnya di Jl. Jemb. Baru UGM, Pogung Kidul, Sinduadi, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta terletak di koordinat $7^{\circ}45'44.0''\text{S}$ $110^{\circ}22'20.3''\text{E}$. Denah penelitian dan gambar gedung penelitian ditunjukkan oleh Gambar (4.1) dan (4.2) Bangunan berdiri di tanah seluas 4785 m^2 terdiri dari 15 lantai, 899 unit



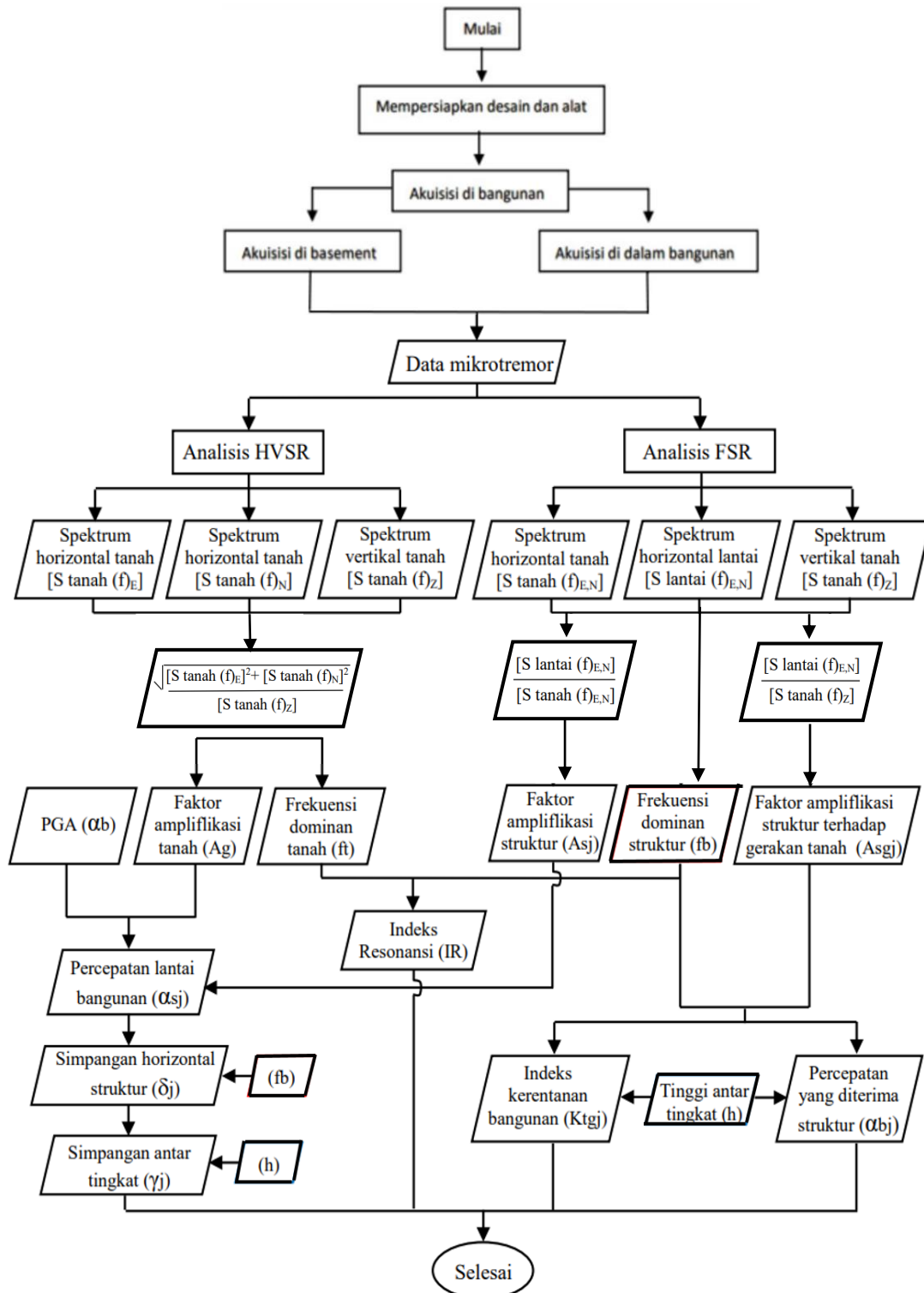
Gambar 3.1 Denah lokasi penelitian (sumber: <https://earth.google.com/web/>)



Gambar 3.2 Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta (sumber: <https://apartementamanmelatiyogyakarta.com/>)

Analisis HVSR untuk titik data di luar gedung dan FSR untuk data di dalam gedung dilakukan untuk mengetahui ketahanan bangunan gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta berdasarkan kriteria SNI-1726-2019 tentang Tata Cara

Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar (4.3).



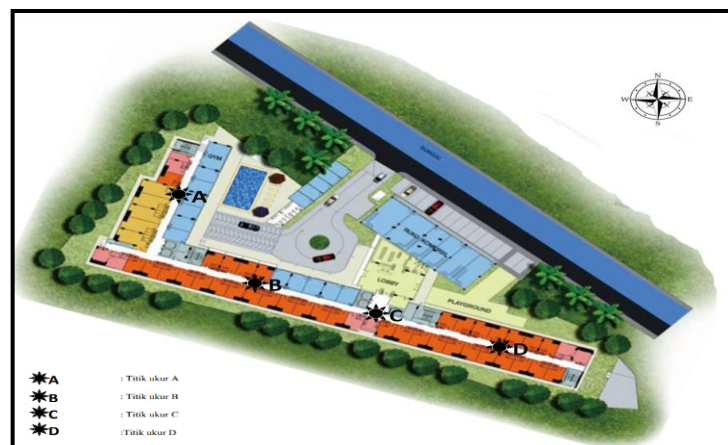
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

4.2 Desain Survei

Desain survei dibuat berdasarkan observasi dan desain gedung. Alat penelitian yang digunakan dalam akuisisi data penelitian mikrotremor adalah seismometer. Gedung penelitian berjumlah 15 lantai dan pengukuran mikrotremor dilakukan di dua tempat yakni 1 titik di bagian luar gedung dan dalam gedung lantai ground floor, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15 dengan tujuan penghematan biaya dan waktu. Total titik pengukuran berjumlah 33 titik. Titik pengukuran di dalam gedung berjumlah 4 titik pada masing-masing lantai ukur terpilih. Waktu pengukuran untuk tiap titik pengukuran selama kurang lebih 31 menit dengan frekuensi cuplik 100 Hz. Analisis dilakukan menggunakan metode HVSR dan FSR. Desain survei pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar (3.4), (3.5), (3.6) dan (3.7).



Gambar 3.4 Titik ukur mikrotremor *free field* di Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta (tampak atas) (sumber: <https://earth.google.com/web/>)



Gambar 3.5 Titik ukur mikrotremor lantai *ground floor* di Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta (tampak atas) (sumber: <https://apartemen.tamanmelatiyogyakarta.com/>)



Gambar 6 Titik ukur mikrotremor lantai 2 dan 3 di Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta (tampak atas) (sumber: <https://apartementamanmelati.yogyakarta.com/>).



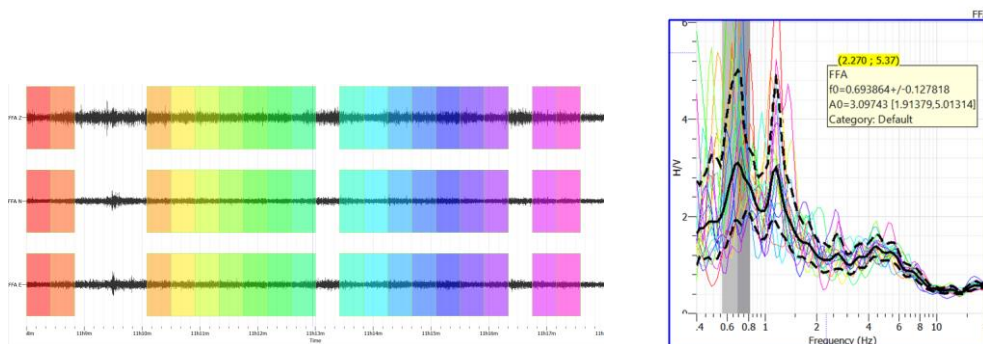
Gambar 7 Titik ukur mikrotremor lantai 4 hingga 15 di Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta (tampak atas) (sumber: <https://apartementamanmelati.yogyakarta.com/>).

Instrumen penelitian berupa Seismometer Lennartz LE-3D/20s, Data Logger DI-710-ULS, Akumulator, kabel penghubung data logger dan seismometer, denah lokasi penelitian, desain survei, laptop. Perangkat lunak yang digunakan Microsoft Windows 7, Microsoft excel 2010, DataQ, Geopsy

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data mikrotremor hasil pengukuran dianalisis dengan HVSR (Horizontal-to-Vertical Ratio). Kurva yang dihasilkan dari proses HVSR menunjukkan adanya puncak difrekuensi 0,693 Hz dengan amplitudo sebesar 3.097. Spektrum *time series* dan kurva hasil pengolahan HVSR dapat dilihat pada Gambar (5.1).



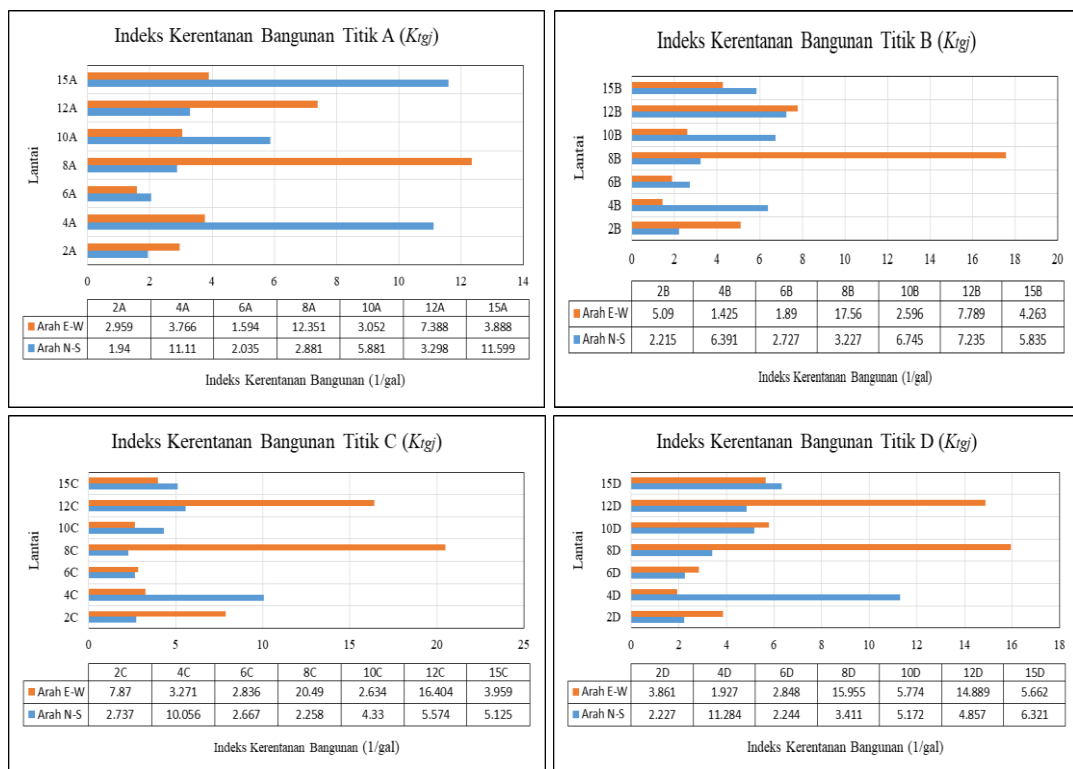
Gambar 5.1. Kurva hasil pengolahan HVSR dengan *software* Geopsy pada titik *Free Field*.

Frekuensi yang didapatkan untuk setiap lantai memiliki kisaran nilai 1.017 s/d 1,179 Hz untuk arah N-S dengan rata-rata frekuensi sebesar 1,138. Sedangkan kisaran frekuensi pada arah sejajar sumbu E-W gedung adalah 0.899 s/d 1.152 Hz dengan rata-rata frekuensi sebesar 0,959 Hz. Variasi peningkatan lantai tidak menunjukkan pola tertentu terhadap nilai frekuensi alami. Amplifikasi cenderung mengalami tren peningkatan semakin tinggi lantai dari permukaan tanah. Nilai PGA batuan dasar (α_b) berdasarkan perhitungan rumu Fukushima dan Tanaka sebesar 173,024 gal. Nilai α_b akan digunakan dalam perhitungan percepatan lantai gedung di tingkat-j (α_{sj}) untuk masing-masing arah sejajar sumbu N-S dan sejajar sumbu E-W.

Berdasarkan hasil perhitungan Indeks Resonansi, seluruh lantai pada Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta memiliki Indeks Resonansi yang lebih besar dari 25%. Pada arah sejajar sumbu N-S, IR bernilai 47% - 70%. Sedangkan pada arah sejajar sumbu E-W, IR bernilai 30% - 66%. Dengan

demikian, gedung ini tergolong aman. Nilai simpangan antar tingkat pada arah sejajar sumbu N-S sebesar 0,001 – 0,027 cm. Sedangkan pada arah sejajar sumbu E-W sebesar 0,001 – 0,076 cm. Apabila nilai simpangan antar tingkat ini ditinjau berdasarkan SNI 1726:2019 yang menyatakan bahwa gedung ini termasuk pada kategori risiko II, maka batas simpangan antar tingkat yang diperbolehkan adalah sebesar 0,02 dikalikan tinggi lantai (hj), sehingga batas kritis γ_j adalah 6,2 cm. Dengan demikian tidak terdapat lantai yang melebihi batas kritis.

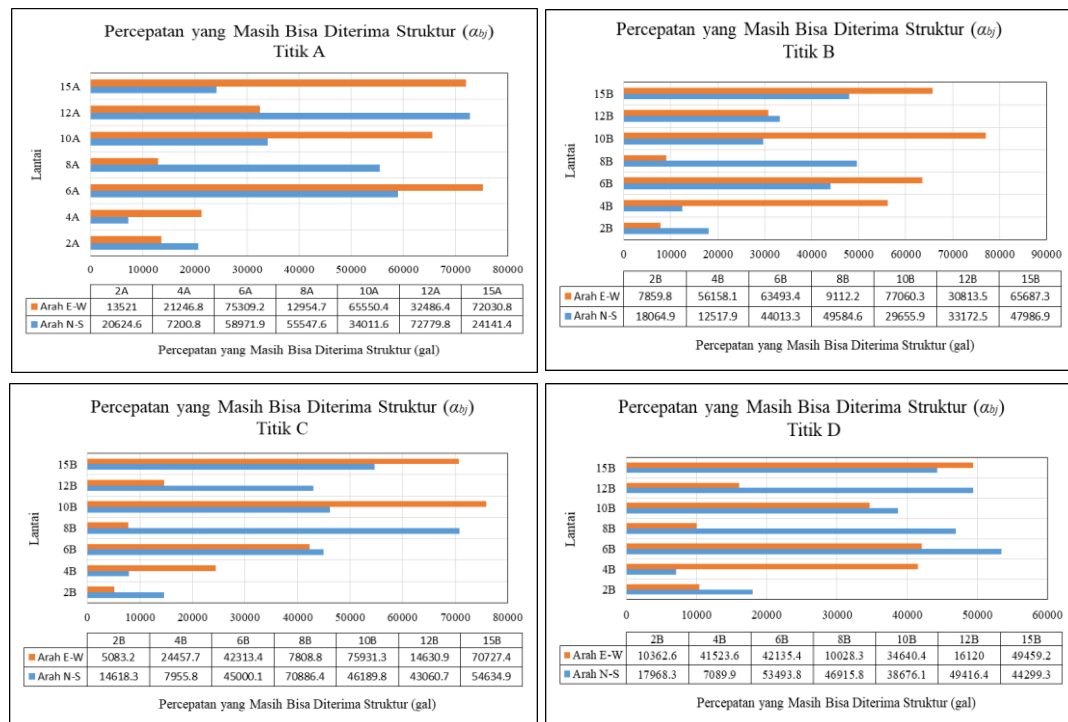
Nilai indeks kerentanan bangunan yang didapatkan pada arah sejajar sumbu N-S berada di kisaran 1,94 – 11,59 (1/gal). Sedangkan pada arah sejajar sumbu E-W bernilai 1,43 – 20,49 (1/gal). Menurut hasil analisis kerentanan bangunan, tidak terdapat titik yang melebihi batas kritis kerentanan bangunan. Indeks kerentanan ditampilkan secara lengkap dalam Grafik (5.2).



Gambar 5.2 Indeks Kerentanan Bangunan di Titik A, B, C dan D.

Berdasarkan hasil perhitungan percepatan maksimum yang mampu diterima struktur pada arah sejajar sumbu N-S gedung berada dalam kisaran 7089.9 – 72.779,8 gal. Sedangkan untuk arah sejajar sumbu E-W gedung bernilai 5083,2 –

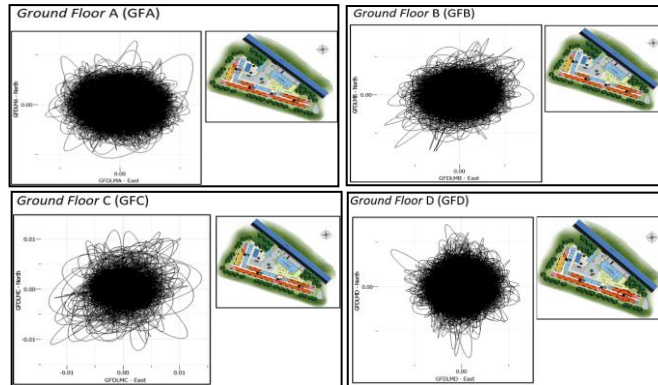
77.060,3 gal. Indeks kerentanan ditampilkan secara lengkap dalam Grafik (5.10). Seluruh nilai percepatan yang didapatkan lebih besar daripada nilai percepatan puncak di batuan dasar (300 gal) di wilayah penelitian. Dengan demikian berdasarkan tinjauan percepatan struktur, gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta dapat dikatakan berstatus aman. Grafik nilai percepatan yang mampu diterima struktur (α_{bj}) dapat dilihat di Gambar (5.3).



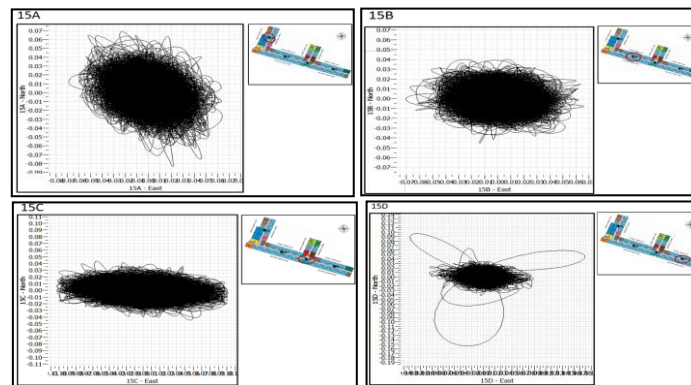
Gambar 5.3 Percepatan yang masih dapat diterima struktur di Titik A, B, C dan D.

Pengolahan data *particle motion* dilakukan untuk melihat resultan arah atau trend arah getaran di tiap titik data pengukuran. Pada lantai *Ground floor* titik GFA, GFB, GFC dan GFD terlihat bahwa gerakan partikel Hal ini disebabkan pada titik tersebut tidak terdapat pengaruh getaran dari daerah sekitar karena getaran dominan disebabkan oleh gedung itu sendiri sehingga gerakan partikel terpusat. Semakin tinggi lantai, simpangan gerakan partikel baik arah E-W maupun N-S semakin besar. Hal ini berarti getaran partikel di lantai yang lebih tinggi mempunyai simpangan partikel yang lebih besar seperti ditunjukkan

Gambar (5.4) dan (5.5). Penyebab dari hal ini dapat berasal dari pengaruh getaran angin disekitar gedung.



Gambar 5.4 Hasil analisis particle motion pada *Ground floor* titik A, B, C, D



Gambar 5.5 Hasil analisis particle motion pada lantai 15 titik A, B, C, D

Pada titik-titik C dan D, semakin tinggi lantai, simpangan kearah sumbu E-W semakin besar. Titik B merupakan titik lantai yang mempunyai pergerakan partikel lebih terpusat dibandingkan ketiga titik lainnya. Simpangan partikel arah E-W dan N-S mempunyai besar yang hampir seimbang. Hal ini menunjukkan gerakan partikel disebabkan oleh gerakan partikel dari gedung itu sendiri, tidak terdapat pengaruh getaran dari sekitarnya.

BAB VI

KESIMPULAN

1.1 Kesimpulan

Hasil analisis parameter ketahanan bangunan yang didapatkan dari analisis mikrotremor menunjukkan bahwa:

1. Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta memiliki tingkat resonansi yang rendah karena seluruh nilai Indeks Resonansi (IR) yang didapatkan lebih besar dari 25%.
2. Simpangan horizontal maksimum yang dimiliki gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta adalah 203,68 cm pada arah sejajar sumbu N-S gedung dan 184,45 cm pada arah sejajar sumbu E-W gedung.
3. Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1, batas kritis simpangan antar tingkat gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta adalah 6,2 cm dan tidak terdapat lantai yang melebihi batas kritis simpangan antar tingkat.
4. Berdasarkan nilai indeks kerentanan bangunan yang didapatkan, tidak terdapat titik yang melebihi batas kritis kerentanan bangunan.
5. Percepatan struktur yang dimiliki gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta memiliki nilai yang lebih besar daripada percepatan puncak batuan dasar di lokasi tersebut berdasarkan hasil perhitungan. Dengan demikian Gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta dinilai aman.
6. Gerakan partikel di tiap titik pengukuran bersifat terpusat dengan pola semakin tinggi lantai, simpangan gerakan partikel baik arah E-W maupun N-S semakin besar. Titik B merupakan titik lantai yang mempunyai pergerakan partikel lebih terpusat dibandingkan ketiga titik lainnya.

1.2 Saran

Penambahan titik pengukuran mikrotremor di dalam gedung maupun diluar dapat dilakukan untuk menambah jumlah data sehingga dasar pengambilan keputusan dapat lebih akurat. Pengukuran tiap titik yang dilakukan secara bersamaan dengan alat yang lebih banyak dapat dilakukan untuk mengurangi variasi temporal pada rekaman mikrotremor.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG 1998, Sumber Daya Geologi. *Buletin Meteorologi dan Geofisika No.4*.
- Gosar, A., 2010, Site Effects and Soil-Structure Resonance Study in The Kobarid Basin (NW Slovenia) Using Microtremors, *Natural Hazards Earth System Sciences*, 10:761-772.
- Herak, M, 2011, Overview of recent ambient noise measurements in Croatia in free-field and in buildings. <http://nato.gfz.hr>.
- Lennartz electronic GmbH, 2016, LE-xD Seismometer Family : Manual.
- Nakamura, Y., 2000, *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and its Application*, In: 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2000 Auckland. p.
- Nakamura, Y., Gurler, E.D., Saita, J., Rovelli, A. dan Donati, S., 2000, Vulnerability Investigation of Roman Colosseum Using Microtremor,
- Putri, F.E., 2018, Evaluasi Ketahanan Bangunan terhadap Gempabumi pada Gedung R. Soegondo Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Gadjah Mada dengan Menggunakan Analisis Mikrotremor. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada.
- Qurrahman, A. H., 2016, Analisis Mikrotremor Untuk Evaluasi Ketahanan Bangunan Terhadap Gempabumi pada Gedung C Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gajah Mada. *Skripsi*. UGM: Yogyakarta.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H.M.D., 1995, Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, Skala 1 : 100.000, Edisi 2, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Setiyono, U, dkk., 2019, Katalog Gempabumi Signifikan dan merusak 1821-2017, BMKG, Jakarta.
- Seht, M.I, & Wohlenberg, J, 1999, Microtremor Measurements Used to Map Thickness of Soft Sediments, *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 89, No. 1, pp 250-259, February 1999.
- SESAME, 2004, Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurements, Processing and Interpretation, European Commission-Research General Directorate
- Standar Nasional Indonesia, 2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019).
- Sunarjo, M. Taufik Gunawan, Sugeng Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012.

- Supartoyo (2008), Open Library ID: OL24027099M, *Katalog gempabumi merusak di Indonesia tahun 1629-2007*, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung.
- Konno, Katsuaki., Ohmachi, 1998, Tatsuo, Ground-Motion Characteristics Estimated from Spektral Ratio between Horizontal and Vertikal Components of Microtremor, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 88, No.1, pp. 228-241, February 1998
- Tanjung, N. A. F., Yuniarto, H. P., & Widyawarman, D., 2019, Analisis
- Wahyuni, A, 2014, Pengukuran Frekuensi Natural Pada Gedung Bertingkat Menggunakan Accelerometer GPL - 6A3P, *JFT*, 2014