Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 15, No. 3, Mei 2026, hal. 306 – 313
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.15.3.306-313.2026

Open Access

Identifikasi Kerentanan Bangunan terhadap Gempa Bumi Menggunakan Data Mikrotremor pada Stadion Utama Sumatera Barat

Ferdi Khairil Abdi, Ahmad Fauzi Pohan*
Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163.

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 15 Januari 2026
Direvisi: 10 April 2026
Diterima: 30 Mei 2026

Kata kunci:
Amplifikasi
Frekuensi
Kerentanan
Mikrotremor
Stadion

ABSTRAK

Stadion Utama Sumatera Barat merupakan infrastruktur publik berkapasitas 40.000 orang yang terletak di zona seismisitas tinggi, sebagaimana ditunjukkan oleh kejadian gempa Padang 2009. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik dinamik dan erentanan seismik struktur stadion menggunakan metode mikrotremor. Data diakuisisi pada 42 titik pengukuran dan dianalisis menggunakan metode *horizontal-to-vertical spectral ratio* (HVSR) untuk memperoleh frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), dan indeks kerentanan seismik (Kg). Analisis *particle motion* dilakukan untuk mengidentifikasi arah dominan pergerakan partikel sebagai indikator respons dinamik struktur. Hasil menunjukkan f_0 berada pada rentang 0,80-1,65 Hz dengan A_0 antara 0,35-1,80. Nilai Kg berkisar 0,1-3,6 tergolong dalam kerentanan rendah. Analisis *particle motion* memperlihatkan respons dinamik yang konsisten. Temuan ini mengkonfirmasi bahwa Stadion Utama Sumatera Barat memiliki kondisi dinamik yang relatif tabil dengan tingkat kerentanan seismik rendah. Penelitian ini mendemonstrasikan penerapan metode evaluasi non-destruktif untuk penilaian kinerja struktur di wilayah rawan gempa dan memberikan landasan ilmiah bagi perencanaan mitigasi risiko seismik serta pengelolaan infrastruktur berkelanjutan.

Keywords:
Amplification
Frequency
Microtremor
Stadium
Vulnerability

Penulis Korespondensi:
Ahmad Fauzi Pohan
Email:ahmadfauzipohan@sci.unand.ac.id

Stadium Utama Sumatera Barat, a large-scale public infrastructure with a capacity of 40,000 occupants, is situated in a high seismicity zone, as evidenced by the 2009 Padang earthquake. This study evaluates the dynamic characteristics and seismic vulnerability of the stadium structure using the microtremor method. Data were acquired at 42 measurement points and analyzed via horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSR) to determine the dominant frequency (f_0), amplification factor (A_0), and seismic vulnerability index (Kg). Particle motion analysis was additionally to conducted the dominant vibration direction as an indicator of structural dynamic response. Results indicate that f_0 ranges from 0.80 to 1.65 Hz, with A_0 values between 0.35 and 1.80. The Kg values range from 0.1 to 3.6, classified as low vulnerability. Particle motion analysis reveals inter-structural directional coherence, indicating a consistent dynamic response across all structural components. These findings confirm that Stadion Utama Sumatera Barat exhibits relatively stable dynamic conditions and low seismic vulnerability. This Study demonstrates the applicability of non-destructive evaluation methods for structural performance assessment in seismically active regions and provides a scientific basis for seismic risk mitigation and sustainable infrastructure management.

Copyright © 2026 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Provinsi Sumatera Barat terletak pada jalur tektonik aktif, yang dikontrol oleh Sesar Sumatera (patahan Semangko) dan zona subduksi Lempeng Indo-Australia-Eurasia, sehingga wilayah ini memiliki potensi tinggi terhadap kejadian gempa bumi bermagnitudo besar (Zulsfi et al., 2021). Data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat bahwa dalam dua dekade terakhir, Sumatera Barat telah mengalami sejumlah gempa signifikan dengan magnitudo 7,0 - >8,0. Gempa Padang 2009 (Mw 7,6) mengakibatkan lebih dari 1.000 korban jiwa dan kerusakan luas pada infrastruktur penting (BPBD Kota Padang, 2019), mengindikasikan masih adanya defisiensi dalam penerapan desain tahan gempa pada bangunan eksisting dan menegaskan urgensi penilaian kerentanan struktur sebagian komponen fundamental mitigasi risiko bencana (Ellingwood, 2001).

Pendekatan geofisika non-destruktif berbasis mikrotremor telah banyak diadopsi untuk mengkarakterisasi sifat dinamik tanah dan struktur tanpa merusak integritas objek kajian (Sitorus et al., 2017). Studi-studi sebelumnya umumnya terfokus pada karakterisasi local (*site characterization*) menggunakan metode *horizontal-to-vertical spectral ratio* (HVSR), mencakup frekuensi dominan, amplifikasi, dan pemetaan kerentanan seismik lokal (Annisa and Pohan, 2023; Fauziah and Pohan, 2023; Giovanni et al., 2025; Miezah-Adams et al., 2024; Molnar et al., 2022; Pohan et al., 2023; Susilo et al., 2024; Syarah and Pohan, 2022). Namun, kajian yang mengintegrasikan respons dinamik tanah-struktur secara simultan melalui kombinasi HVSR dan analisis *particle motion* masih terbatas (Ateş and Uyanık, 2025), sehingga menyisakan kesenjangan metodologis dalam evaluasi komprehensif interaksi tanah-struktur pada bangunan berskala besar di wilayah seismik aktif.

Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, penelitian ini mengajukan kerangka analitik terintegrasi yang menggabungkan parameter mikrotremor berbasis HVSR-frekuansi dominan (f_0), amplifikasi (A_0), dan indeks kerentanan seismik (Kg) dengan analisis *particle motion* guna mengkaji direksionalitas dan koherensi pergerakan partikel sebagai indikator respons dinamik struktur (Haerudin and Alami, 2019). Objek penelitian adalah Stadion Utama Sumatera Barat, fasilitas olahraga public berkapasitas 40.000 penonton dibangun pada tahun 2018 di Kabupaten Padang Pariaman (Rizqi, 2019). Mengingat fungsi strategis dan lokasinya di kawasan seismisitas tinggi, evaluasi kinerja seismik struktur ini sangat diperlukan. Hasil penelitian diharapkan berkontribusi pada pengembangan metodologi penilaian struktur non-destruktif di wilayah rawan gempa sekaligus menyediakan landasan ilmiah bagi perencanaan mitigasi risiko seismik dan pemeliharaan infrastruktur berkelanjutan.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan secara langsung di Stadion Utama Sumatera Barat. Teknik penelitian meliputi survei lokasi, penentuan titik kuisisi data, pengambilan data, pengolahan data interpretasi dan analisis data. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *geophone*, data *logger*, kabel penghubung, dan laptop. Perangkat lunak yang digunakan yaitu *DataQ* untuk akuisisi data, *Microsoft Excel, Notepad* untuk pengolahan data, dan *Surfe*r untuk pemetaan sebaran nilai frekuensi dominan, amplifikasi dan indeks kerentanan seismik pada daerah penelitian.

Penentuana titik akuisisi data dibagi menjadi dua bagian yaitu 10 titik diambil pada tanah dan 32 titik diambil pada bangunan rincian lokasi titik akuisisi data pada bangunan stadion utama Sumatera Barat dapat dilihat pada Gambar 1. Pada setiap lokasi pengambilan data, dipasang geofon yang dilengkapi dengan tiga sensor komponen: horizontal utara-selatan, horizontal timur-barat, dan vertikal atas-bawah. Waktu pengukuran data akan dibagi menjadi dua bagian yaitu pengukuran pada tanah berlangsung selama 30 menit dan pada bangunan pengukuran berlangsung selama 75 menit.



Gambar 1 Peta lokasi dan titik akuisisi data penelitian

Pengolahan data meliputi dua tahap yaitu analisis HVSR dan analisis pergerakan partikel. Metode HVSR digunakan untuk menentukan parameter frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) pada tanah dan bangunan. Secara teoritis, metode HVSR didasarkan pada rasio spektrum amplitudo komponen horizontal utara selatan ($S_{N\text{-}S}$) dan komponen horizontal timur barat ($S_{E\text{-}W}$) terhadap komponen vertikal (S_V) dari sinyal mikrotremor, yang dinyatakan pada Persamaan 1. Selanjutnya, kedua parameter tersebut digunakan untuk menghitung indeks kerentanan seismik (Kg) dengan menggunakan Persamaan 2, yang merepresentasikan tingkat kerentanan suatu lokasi terhadap deformasi akibat gelombang seismik (Pasaribu et al., 2023; Rohmah et al., 2023).

$$HVSR(f) = \frac{\sqrt{(S_{N-S})^2 + (S_{E-W})^2}}{S_v} \quad (1)$$

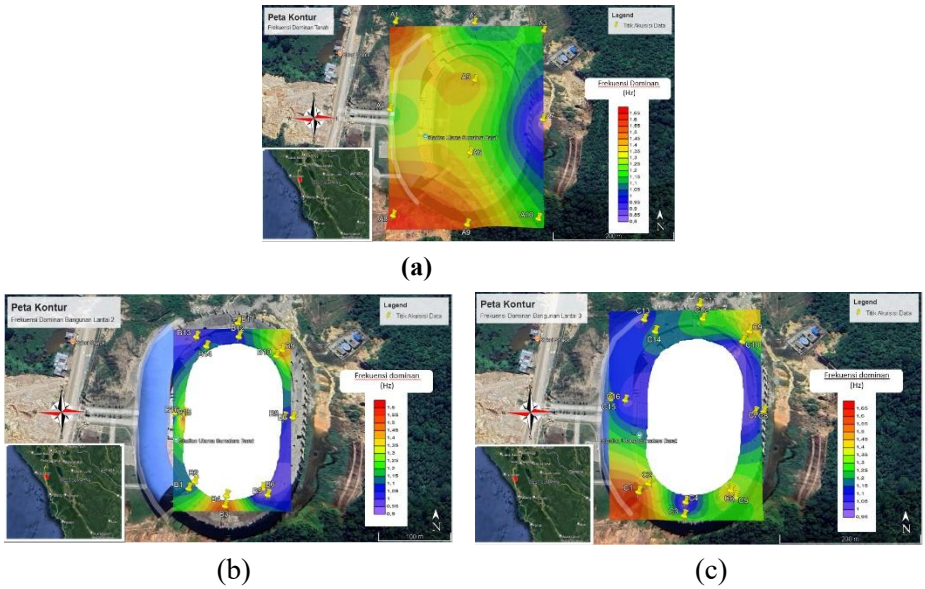
$$Kg = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (2)$$

Selain itu, analisis pergerakan partikel dilakukan untuk mengkaji karakteristik arah dan pola pergerakan partikel sebagai respons terhadap getaran. Analisis ini menggunakan sistem koordinat dengan sumbu x mengarah ke timur dan sumbu y mengarah ke utara. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi keselarasan arah gerak antar lantai bangunan sebagai indikator kestabilan dan integritas struktural terhadap beban dinamik (Aki and Richards, 2002).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Frekuensi Dominan (f_0)

Nilai frekuensi dominan tanah diperoleh dari puncak kurva spektrum rasio horizontal terhadap vertikal (H/V), yang merepresentasikan respons dinamik lokal terhadap getaran seismik. Analisis frekuensi dominan dilakukan secara terpisah untuk media tanah dan struktur bangunan guna mengidentifikasi karakteristik dinamik masing-masing sistem. Sebaran nilai frekuensi dominan pada lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



(a)

(b) (c)

Gambar 2 Peta sebaran frekuensi dominan: (a) pada tanah, (b) pada banguan lantai 2 dan (c) pada bangunan lantai 3

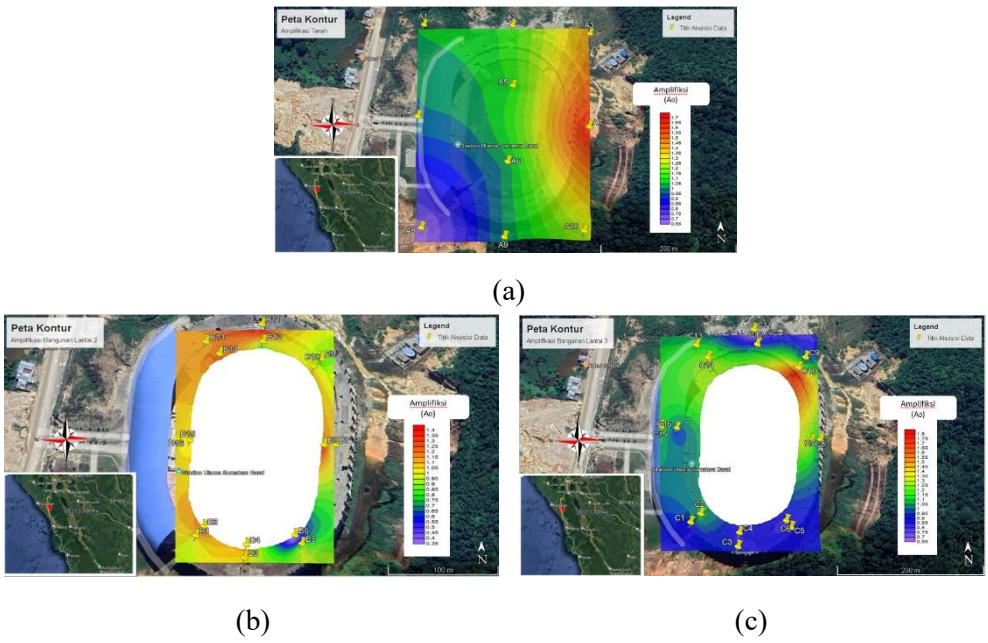
Berdasarkan Gambar 2, frekuensi dominan pada tanah berkisar antara 0,80 Hz hingga 1,65 Hz, yang menunjukkan heterogenitas kondisi bawah permukaan. Nilai yang lebih tinggi terdapat di bagian barat daya stadion, yang mengindikasikan material tanah yang padat dan stabil. Sedangkan nilai yang lebih rendah di bagian timur menunjukkan dominasi tanah lebih lunak dengan ketebalan sedimen lebih besar. Kondisi ini sesuai dengan klasifikasi Kanai (1983), di mana frekuensi rendah berkaitan dengan

tanah tipe IV yang terbentuk dari sedimen alluvial tebal. Hasil ini didukung oleh peta geologi Kabupaten Padang Pariaman yang didominasi litologi aluvium (PUPR Padang Pariaman, 2019).

Pada struktur bangunan, frekuensi dominan lantai dua maupun lantai tiga berkisar antara 0,9 - 1,65 Hz dengan dominasi 1,0 – 1,2 Hz, yang mencerminkan respons alami bangunan. Kedekatan frekuensi tanah dan bangunan menunjukkan keterkaitan dinamik, di mana energy getaran dapat ditransfer secara efisien saat frekuensinya sebanding sehingga mencerminkan adanya *soil-structure interaction* (Haerudin and Alami, 2019). Frekuensi dominan bangunan juga dipengaruhi oleh massa struktur yang besar dan material beton bertulang, yang menghasilkan frekuensi alami rendah dan meningkatkan sensitivitas terhadap getaran frekuensi rendah (Sembirirng et al., 2016). Kesesuaian frekuensi tanah dan bangunan berpotensi memicu resonansi, sehingga meningkatkan risiko kerusakan saat gempa dengan frekuensi serupa. Oleh karena itu, analisis frekuensi dominan tidak hanya menggambarkan karakteristik dinamik tanah dan bangunan, tetapi uga mengindikasikan interaksi dinamik yang menentukan kerentanan struktur terhadap beban seismik.

3.2 Amplifikasi (A_0)

Amplifikasi merupakan parameter penting yang merepresentasikan tingkat penguatan gelombang seismik akibat kontras impedansi antara lapisan batuan dasar dan lapisan sedimen permukaan. Nilai amplifikasi dalam penelitian ini diperoleh dari puncak kurva spektrum H/V dan dianalisis secara terpisah untuk media tanah dan struktur bangunan guna mengidentifikasi karakteristik respons dinamik pada masing-masing sistem. Sebaran spasial nilai amplifikasi pada lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



(a)

(b) (c)

Gambar 3 Peta sebaran amplifikasi: (a) tanah, (b) banguan lantai 2 dan (c) bangunan lantai 3

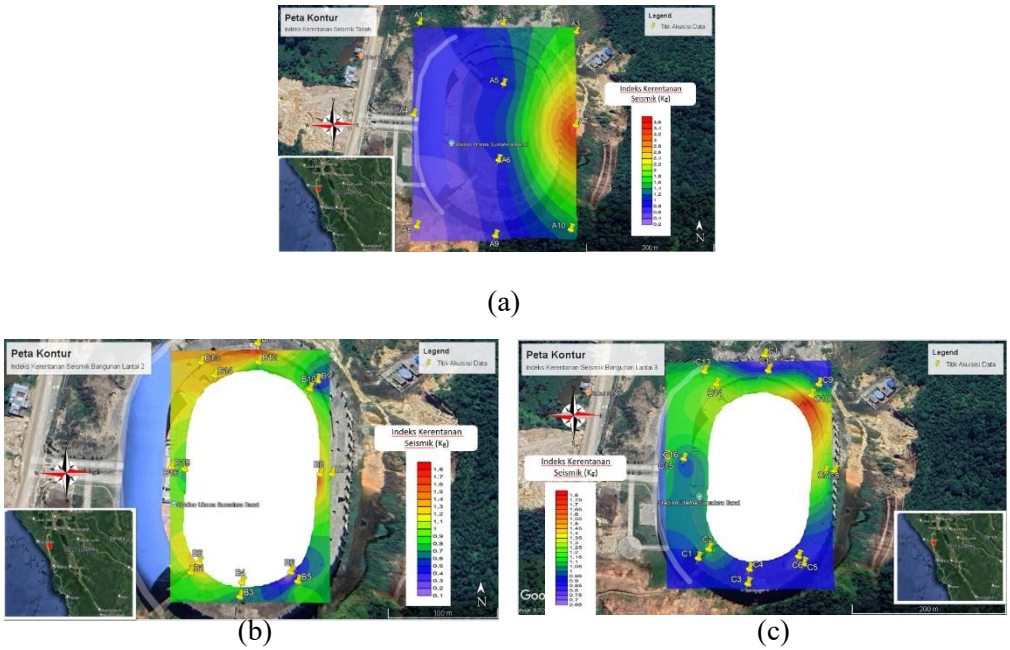
Berdasarkan Gambar 3, amplifikasi tanah berkisar 0,65 - 1,7 dan mencerminkan variasi bawah permukaan. Nilai tinggi di bagian timur stadion menunjukkan tanah lunak dengan kontras impedansi besar yang memperkuat gelombang seismik, sedangkan nilai rendah di barat mengindikasikan material lebih kompak dengan penguatan kecil. Secara umum, nilai ini tergolong rendah hingga sedang, sehingga efek amplifikasi terbatas (Sitorus et al. 2017) dan sejalan dengan kondisi geologi yang relative homogen (Giovanni et al., 2025).

Pada bangunan, amplifikasi meningkat dengan ketinggian, yaitu 0,35-1,40 (lantai dua) dan 0,70-1,80 (lantai tiga), akibat meningkatnya fleksibilitas dan menurunnya kekakuan struktur (Geraldine and Syafii, 2023a). Kesesuaian pola amplifikasi menunjukkan bahwa tanah dengan amplifikasi tinggi cenderung menghasilkan respons getaran lebih besar pada bangunan, terutama di lantai atas melalui mekanisme *soil structure interaction*. Perbedaan amplifikasi antara lantai menandakan respons dinamik

yang tidak seragam dan berpotensi meningkatkan risiko kerusakan saat gempa. Dengan demikian, amplifikasi tidak hanya mencerminkan kondisi tanah, tetapi juga perilaku dinamik kerentanan struktur terhadap beban seismik.

3.3 Indeks Kerentanan Seismik (*Kg*)

Indeks kerentanan seismik menyatakan kemampuan lapisan tanah menahan deformasi (Geraldine and Syafii, 2023b). Indeks kerentanan seismik (*Kg*) dihitung berdasarkan nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi. Indeks ini digunakan untuk menilai tingkat kerentanan suatu area atau struktur terhadap dampak gempa bumi. Sebaran nilai indeks kerentanan seismik dapat dilihat pada Gambar 4.



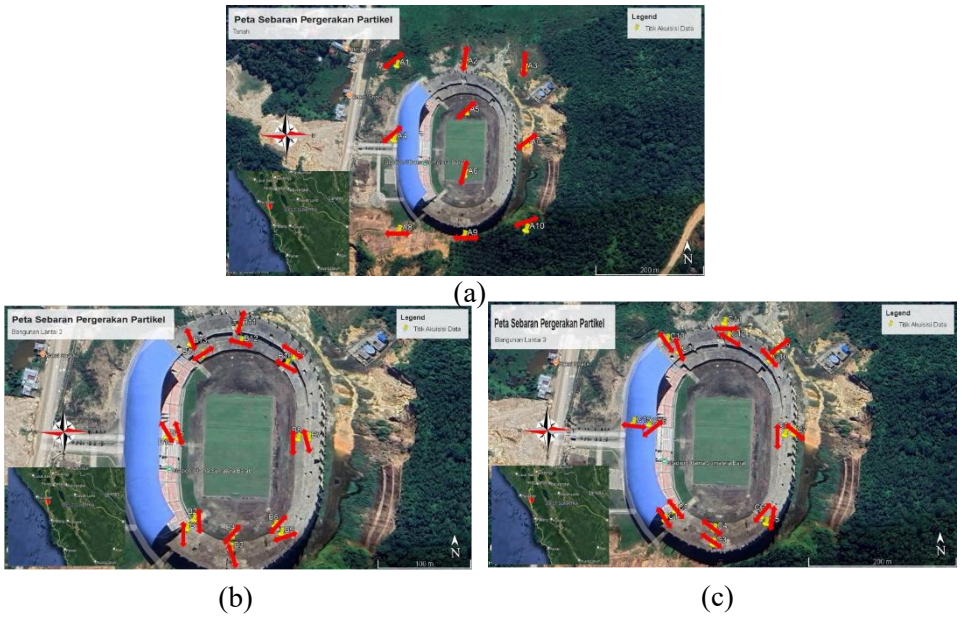
Gambar 4 Peta sebaran indeks kerentanan seismik: (a) pada tanah, (b) pada banguan lantai 2 dan (c) pada bangunan lantai 3

Berdasarkan Gambar 4, nilai indeks kerentanan tanah berkisar antara 0,2-3,6 dan umumnya tergolong rendah hingga sedang Refrizon et al. (2013). Sebagian besar area menunjukkan nilai rendah, namun bagian timur cenderung lebih tinggi dan mendekati kategori sedang. Hal ini berkaitan dengan dominasi tanah lunak, seperti endapan alluvial, yang memiliki kompresibilitas tinggi (Paimin et al., 2012). Selain itu, kombinasi frekuensi dominan rendah dan amplifikasi relative tinggi turut meningkatkan nilai indeks kerentanan seismik yang mencerminkan potensi penguatan gelombang akibat kontras impedansi antar lapisan (Fauziah and Pohan, 2023; Iswanto et al., 2019).

Pada struktur bangunan, nilai *Kg* pada lantai dua atau tiga umumnya berada pada kategori rendah ($Kg < 3$), menunjukkan respons dinamik yang relative stabil. Namun, variasi spasial tetap terlihat dengan nilai lebih tinggi di bagian timur dan tenggara, yang mengindikasikan pengaruh kondisi tanah terhadap respons struktur (*soil-structure interaction*). Rendahnya nilai *Kg* bangunan dipengaruhi oleh amplifikasi yang kecil serta kekakuan dan kekuatan struktur yang memadai. Struktur dengan sistem pondasi dan material yang baik cenderung lebih mampu merendam deformasi akibat beban dinamik (Prayogo, 2017). Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa Stadion Utama Sumatera Barat memiliki kerentanan seismik yang rendah dan kondisi struktur yang relative aman. Analisis indeks kerentanan seismik juga menegaskan adanya keterkaitan antara karakteristik tanah dan respons strukutr, sehingga pendekatan terpadu menjadi penting dalam evaluasi kerentanan bangunan di wilayah rawan gempa.

3.4 Pergerakan Parikel (*Particle Motion*)

Analisis pergerakan partikel digunakan untuk mengetahui mengetahui kecenderungan arah gerak dari partikel pada daerah penelitian. Secara keseluruhan sebaran arah pergerakan partikel dapat dipetakan seperti pada Gambar 5.



(a)

(b) (c)

Gambar 5 Peta sebaran arah pergerakan partikel: (a) tanah, (b) banguan lantai 2 dan (c) bangunan lantai 3

Berdasarkan Gambar 5, arah dominan pergerakan partikel tanah cenderung dari barat laut ke timur laut, yang merepresentasikan arah utama penjalaran gelombang seismik akibat pengaruh regional. Konsistensi ini menunjukkan bahwa kondisi tanah relatif homogen sehingga respons seismik bersifat seragam dan tidak menimbulkan anomali lokal yang signifikan (Prabowo et al., 2017). Pada struktur bangunan, pola pergerakan partikel lebih kompleks akibat pengaruh massa, kekakuan, dan geometri struktur. Secara dominan, arah gerak antar lantai masih menunjukkan keselarasan, yang mengindikasikan bahwa respons dinamik bangunan relatif stabil dan energi getaran dapat ditransmisikan secara merata (Annisa and Pohan, 2023). Namun, ketidakselarasan lokal tetap teridentifikasi pada beberapa titik, terutama di bagian timur laut yang menunjukkan adanya variasi respons dinamik akibat interaksi tanah struktur dan ketidakhomogenan kekakuan. Dampak dari ketidakselarasana ini bersifat lokal namun signifikan, karena dapat memicu distribusi tegangan yang tidak merata, efek torsi, dan deformasi diferensial. Jika terjadi pada kondisi gempa kuat atau berulang, fenomena ini berpotensi meningkatkan risiko kerusakan, khususnya pada elemen struktural yang lebih lemah (Maulidiya dan Rusli, 2017). Dengan demikian, meskipun respons bangunan secara umum didominasi oleh pola yang selaras dan stabil, keberadaan zona ketidakselarasan tetap menjadi faktor kritis yang perlu diperhatikan dalam evaluasi ketahanan struktur. Analisis *particle motion* tidak hanya mengidentifikasi arah dominan gelombang , tetapi juga mengungkap tidak kestabilan respons dinamik dan potensi risiko kerusakan secara lebih detail.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis mikrotremor menggunakan metode HVSR dan *particle motion* dapat disimpulkan bahwa bangunan stadion utama Sumatera Barat memiliki tingkat kerentanan yang rendah dan kondisi struktur yang relatif aman terhadap gempa bumi. Hal ini ditunjukkan dengan nilai frekuensi dominan berada pada rentang 0,80-1,65 Hz yang menunjukkan tanah tipe IV (alluvium) dengan ketebalan sedimen signifikan. Nilai amplifikasi berkisar 0,35-1,80 dan tergolong rendah hingga sedang, sehingga penguatan gelombang relatif terbatas. Kondisi ini menghasilkan indeks kerentanan seismik sebesar 0,1-3,6 yang didominasi kategori rendah ($Kg < 3$), menandakan respons dinamik tanah dan bangunan yang relatif stabil. Analisis *particle motion* menunjukkan arah gerak antar lantai umumnya

selaras, mencerminkan respons struktur yang konsisten dan integritas bangunan yang baik, meskipun terdapat variasi lokal yang berpotensi memengaruhi distribusi tegangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Anjelina, F., Pohan A.F., 2024, Indeks Kerentanan Seismik Daerah Perbukitan dan Pemukiman di Bukit Nobita Kota Padang Penggunakan Data Mikrotremor, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 13, Hal. 511–517.

Aki, K., Richards, P.G., 2002, *Quantitative Seismology, 2nd Ed.*, Quse.

Annisa, N., Pohan, A.F., 2023, Evaluasi Kondisi Jembatan Kuranji dengan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio dan Pergerakan Partikel, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 12, DOI: 10.25077/jfu.12.3.380-386.2023.

Ateş, E., Uyanık, O., 2025, Comparison of soil-structure interaction obtained from spectral ratio methods applied to earthquake and microtremor records, *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 234, DOI: 10.1016/j.jappgeo.2025.105645.

BPBD, K.P., 2019, Mengenang Gempa 2009 di Kota Padang, *BPBD BADAN PENANGGULANGAN BENCANA DAERAH KOTA PADANG*.

Ellingwood, B.R., 2001, Earthquake risk assessment of building structures, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 74, DOI: 10.1016/S0951-8320(01)00105-3.

Fauziah, L., Pohan, A.F., 2023, Identifikasi Potensi Longsor di Kota Sawahlunto dengan Menggunakan Parameter Frekuensi Dominan, Amplifikasi, dan Kecepatan Gelombang Geser, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 12, DOI: 10.25077/jfu.12.3.341-347.2023.

Geraldine, V.A., Syafii, N.I., 2023a, Pengaruh Kepadatan Bangunan Terhadap Permeabilitas pada Rumah Sakit di Indonesia, *NALARs*, Vol. 22, DOI: 10.24853/nalars.22.2.117-128.

Geraldine, V.A., Syafii, N.I., 2023b, Pengaruh Kepadatan Bangunan Terhadap Permeabilitas pada Rumah Sakit di Indonesia, *NALARs*, Vol. 22, Hal. 117, DOI: 10.24853/nalars.22.2.117-128.

Giovanni, V.I., Pujiastuti, D., Pohan, A.F., Fisika, D., Matematika, F., Alam, P., Andalas, U., Unand, K., Manis, L., 2025, Identifikasi Percepatan Tanah Maksimum di Kota Padang Menggunakan Metode Mikrotremor, Vol. 14, Hal. 1–7.

Haerudin, N., Alami, F., 2019, *Mikroseismik, Mikrotremor dan Microearthquake dalam ilmu kebumian*.

Iswanto, E.R., Indrawati, Y., Riyanto, T.A., 2019, Studi Mikrotremor dengan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) di Tapak RDE, Serpong, *Eksplorium*, Vol. 40, Hal. 105–114, DOI: 10.17146/eksplorium.2019.40.2.5489.

Miezah-Adams, M., K. Torvor, F., Ansah, E., K. Boateng, E., Ewusi, A., 2024, Microtremor HVSR Technique for Seismic Risk Vulnerability Studies and Microzonation of Site Materials.

Molnar, S., Sirohey, A., Assaf, J., Bard, P.Y., Castellaro, S., Cornou, C., Cox, B., Guillier, B., Hassani, B., Kawase, H., Matsushima, S., Sánchez-Sesma, F.J., Yong, A., 2022, A review of the

microtremor horizontal-to-vertical spectral ratio (MHVSR) method, *Journal of Seismology*, Vol. 26, DOI: 10.1007/s10950-021-10062-9.

Paimin , Wuryanta, A dan Murtiono, U.., 2012, Identifikasi Kerentanan Lahan Di Daerah Tangkapan Air Sebagai Dasar Pelestarian Danau Rawa Pening, *Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012*, Vol. 19, Hal. 125–135.

Pasaribu, R.J.M., Yuliyanto, G., Yulianto, T., 2023, LANDSLIDE POTENTIAL ANALYSIS ON NEW ROAD OF UNDIP-JANGLI CAMPUS, SEMARANG USING MICROTREMOR METHOD, *Cognizance Journal of Multidisciplinary Studies*, Vol. 3, DOI: 10.47760/cognizance.2023.v03i06.025.

Pohan, A.F., Pujiastuti, D., Syarah, N., Annisa, N., 2023, Frequency and Amplification for Assessing site Effects and PVS in the Padang City Railway, *JURNAL ILMU FISIKA | UNIVERSITAS ANDALAS*, Vol. 15, DOI: 10.25077/jif.15.2.106-115.2023.

Prabowo, U.N., Amalia, A.F., Wiranata, F.E., 2017, Identifikasi Potensi Pergerakan Tanah Pada Lereng Yang Dipicu Gempabumi Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor, *Wahana Fisika*, Vol. 2, Hal. 1, DOI: 10.17509/wafi.v2i2.8550.

Prayogo, N., 2017, Analisis Kerentanan Bangunan Terhadap Bencana Gempa Bumi Di Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten Tahun 2014.

PUPR, D., Padang, K., 2019, Revisi RTRW Kabupaten Padang Pariaman, Hal. 1–126.

Refrizon, Arif, I.H., Kurnia, L., Tria, O., 2013, Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Seismik Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu, *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, Hal. 323–328.

Rizqi, F., 2019, Partisipasi Masyarakat Nagari Sikabu Kecamatan LubukAlung dalam Pembebasan Lahan Pembangunan Stadion Utama Sumatera Barat, *Jurnal Sosiologi Andalas*, Vol. 5, Hal. 60–73, DOI: 10.25077/jsa.5.2.60-73.2019.

Rohmah, S., Susilo, A., Yudianto, D., Hisyam, F., Suryo, E.A., Sarjiyana, 2023, Analysis of Seismic Vulnerability Index Based on Microtremor Investigation (Case Study of Majangtengah Village, Dampit, Malang Regency).

Sembirirng, S., Isnaeni, M., Helmi, M., Alami, F., 2016, Review Faktor Pengaruh Perubahan Frekuensi Alami pada Struktur Bangunan, Vol. 09, Hal. 1–23.

Sitorus, N.M.H., Purwanto, M.S., Utama, W., 2017, Estimasi Ketebalan Lapisan Sedimen dan Amplifikasi Desa Olak Alen Blitar Menggunakan Metode Mikrotremor HVSR, *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6, Hal. 2–4, DOI: 10.12962/j23373539.v6i2.27344.

Susilo, A., Zulaikah, S., Pohan, A.F., Fathur Rouf Hasan, M., Hisyam, F., Rohmah, S., Adhi, M.A., 2024, Vulnerability Index Assessment for Mapping Ground Movements Using the Microtremor Method as Geological Hazard Mitigation, *Civil Engineering Journal (Iran)*, Vol. 10, DOI: 10.28991/CEJ-2024-010-05-017.

Syarah, N., Pohan, A.F., 2022, Analisis Mikrotremor Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio di Jalur Kereta Api Kota Padang, Vol. 11, Hal. 313–319.

Zulsfi, A., Simanjuntak, N.B.P., Sari, V.A., Rahmi, F., 2021, Penerapan Analisis Geospasial Berbasis Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Bencana di Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat, *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, Vol. 2, DOI: 10.23960/jgrs.2021.v2i2.50.