

ZONASI KEGEMPAAN KOTA PADANG BERDASARKAN KARAKTERISTIK TANAH

Ghani Guswandi¹, Rusnardi Rahmat²

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

Email: ghaniguswandi15@gmail.com

Abstrak: Kota Padang merupakan wilayah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap gempa bumi karena posisinya yang terletak di zona subduksi aktif antara Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Kondisi geologi dan jenis tanah yang bervariasi di wilayah ini menyebabkan respons tanah terhadap guncangan gempa juga berbeda-beda, terutama dalam hal perioda dominan dan amplifikasi gelombang seismik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan zonasi kegempaan Kota Padang berdasarkan parameter perioda dan amplifikasi tanah dengan menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr). Data diperoleh melalui pengukuran mikrotremor di berbagai titik lokasi di Kota Padang dan dianalisis menggunakan perangkat lunak GPL, Cygwin, BIDO, dan ArcGIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah dengan tanah lunak, terutama daerah aluvial, memiliki nilai amplifikasi dan perioda yang tinggi, yang berpotensi memperkuat guncangan gempa dan meningkatkan risiko kerusakan bangunan. Zonasi hasil pemetaan dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan tata ruang dan pembangunan infrastruktur tahan gempa di Kota Padang. Dengan demikian, pemahaman terhadap karakteristik perioda dan amplifikasi tanah sangat penting dalam upaya mitigasi bencana dan pengurangan risiko seismik di wilayah ini.

Kata Kunci : Zonasi kegempaan, Kota Padang, perioda dominant, amplifikasi tanah, HVSr, mikrotremor

***Abstract :** Padang City is highly vulnerable to earthquakes due to its location within an active subduction zone between the Indo-Australian and Eurasian plates. The geological conditions and soil types in this region vary, causing different seismic responses, particularly in terms of dominant period and ground motion amplification. This study aims to map seismic zoning in Padang City based on these two parameters using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method. Data were collected through microtremor measurements at various locations across the city and analyzed using GPL, Cygwin BIDO, and ArcGIS software. The results show that areas with soft soils, especially alluvial deposits, exhibit high amplification and longer dominant periods, increasing the risk of stronger ground shaking and potential structural damage. The resulting zoning maps can serve as a reference for urban planning and the development of earthquake-resistant infrastructure. Therefore, understanding the dominant period and ground amplification characteristics is essential for effective disaster mitigation and seismic risk reduction in Padang City.*

Keyword : Seismic zoning, Padang City, dominant period, ground amplification, HVSr, microtremor

PENDAHULUAN

Kota Padang merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana gempa bumi karena terletak di zona subduksi aktif antara Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Aktivitas tektonik di wilayah ini menyebabkan Kota Padang kerap mengalami gempa dengan intensitas yang merusak (Wekke, 2021). Peristiwa gempa bumi tahun 2009 dengan magnitudo 7,6 merupakan contoh nyata yang menyebabkan kerusakan signifikan pada bangunan dan infrastruktur serta memicu fenomena likuifaksi di beberapa lokasi. Menurut (Shiddiqie, 2022) fenomena Likuifaksi adalah peristiwa hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat adanya gempa bumi. Likuifaksi sering terjadi pada saat gempa bumi dimana terjadi perilaku tanah akibat beban gempa yang terjadi dalam waktu singkat. Getaran gempa yang merambat dalam waktu singkat mengakibatkan massa tanah mengalami transisi dari padat menjadi cair.

Karakteristik tanah lokal sangat berperan dalam menentukan dampak yang ditimbulkan oleh gempa. Dua parameter penting dalam hal ini adalah perioda dominan tanah dan faktor amplifikasi. Perioda dominan merupakan waktu resonansi alami tanah terhadap gelombang seismik, sedangkan amplifikasi menunjukkan seberapa besar gelombang gempa diperkuat oleh lapisan tanah. Ketika nilai perioda dominan tanah mendekati perioda alami bangunan, dapat terjadi resonansi yang memperbesar kerusakan. Oleh sebab itu, penting untuk memetakan distribusi spasial kedua parameter ini guna mengidentifikasi zona rawan gempa.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun zonasi kegempaan Kota Padang berdasarkan analisis perioda dominan dan amplifikasi tanah menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr). Data diperoleh melalui pengukuran mikrotremor di berbagai titik strategis, kemudian diolah menggunakan perangkat lunak GPL, Cygwin dan BIDO, serta dipetakan melalui ArcGIS. Metode HVSr dipilih karena efektif dalam mengidentifikasi sifat dinamis tanah dengan pendekatan non-destruktif dan biaya yang relatif rendah.

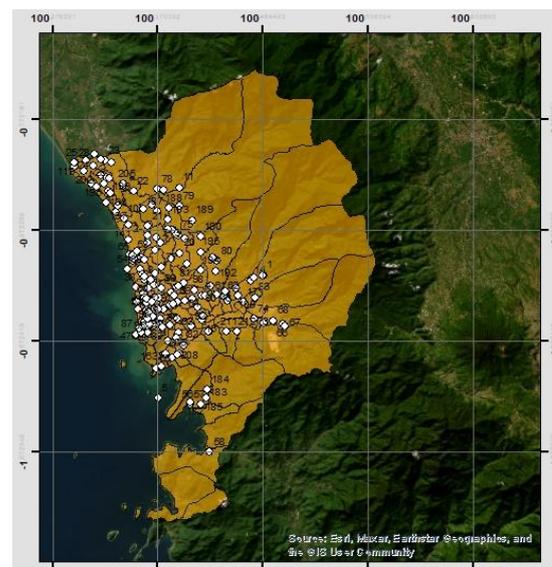
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat mengenai tingkat kerentanan seismik di Kota Padang. Peta zonasi yang dihasilkan dapat menjadi acuan penting dalam perencanaan pembangunan infrastruktur, penataan ruang wilayah, serta

kebijakan mitigasi bencana berbasis risiko. Dengan memahami perilaku dinamis tanah, pemerintah dan masyarakat dapat meningkatkan kesiapsiagaan terhadap potensi gempa, meminimalkan kerugian, dan memperkuat ketahanan kota terhadap bencana alam.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan tujuan untuk memetakan zonasi kegempaan berdasarkan parameter perioda dominan dan amplifikasi tanah di Kota Padang. Data utama diperoleh melalui pengukuran mikrotremor di lapangan dengan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr). Metode ini digunakan karena efektif untuk mengidentifikasi respons dinamis tanah terhadap gelombang seismik secara non-invasif.

Pengambilan data dilakukan sebanyak 213 titik pengamatan yang tersebar di berbagai kecamatan di Kota Padang untuk mendapatkan representasi yang komprehensif. Pada setiap titik, dilakukan perekaman getaran tanah selama ± 10 menit menggunakan alat mikrotremor. Arah sensor dikalibrasi menggunakan kompas dan waterpass untuk memastikan posisi horizontal dan orientasi yang tepat. Data yang terekam kemudian dikonversi menggunakan perangkat lunak GPL dan Cygwin sebelum dianalisis lebih lanjut.

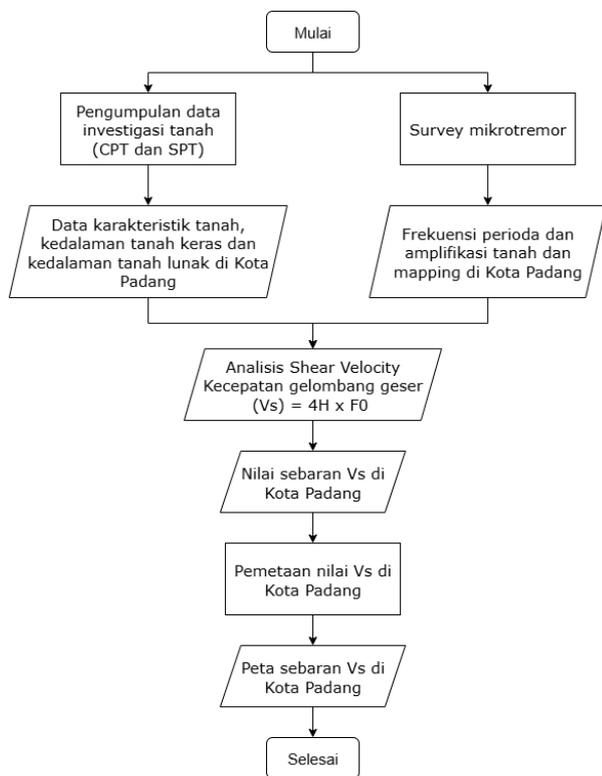


Gambar 1 Sebaran titik mikrotremor di Kota Padang

Proses analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak BIDO 2.02, yang menghitung nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) berdasarkan spektrum rasio horizontal terhadap vertikal. Nilai-nilai tersebut kemudian

diklasifikasikan untuk menentukan karakteristik tanah (lunak, sedang, atau keras) dan tingkat risiko amplifikasi gelombang gempa. Hasil analisis spasial selanjutnya dipetakan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, yang menghasilkan peta zonasi kegempaan Kota Padang berdasarkan sebaran nilai perioda dan amplifikasi.

Langkah terakhir dari penelitian ini adalah integrasi kedua parameter (f_0 dan A_0) ke dalam peta zonasi untuk mengidentifikasi wilayah dengan risiko tinggi terhadap gempa. Pemetaan ini tidak hanya mempertimbangkan nilai perioda dominan dan faktor amplifikasi, tetapi juga mempertimbangkan kecepatan gelombang geser (V_s) sebagai salah satu indikator kekakuan tanah. Nilai V_s sangat berpengaruh terhadap respons tanah terhadap gempa, di mana tanah dengan nilai V_s rendah cenderung mengalami amplifikasi lebih tinggi. Dengan menggabungkan parameter-parameter tersebut, dihasilkan peta zonasi kegempaan Kota Padang yang dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan tata ruang, pengembangan infrastruktur tahan gempa, serta strategi mitigasi bencana berbasis risiko seismik.



Gambar 2 Diagram alir

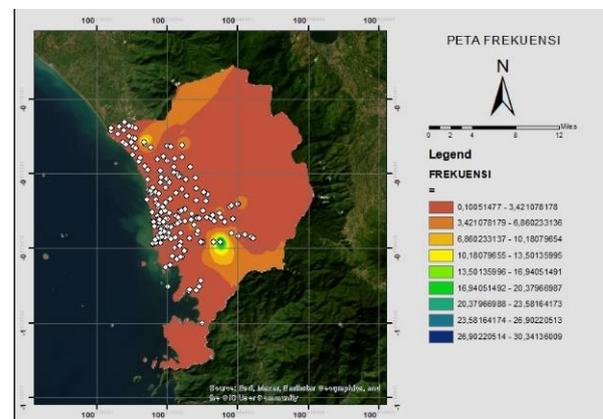
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Frekuensi dominan dan amplifikasi tanah.

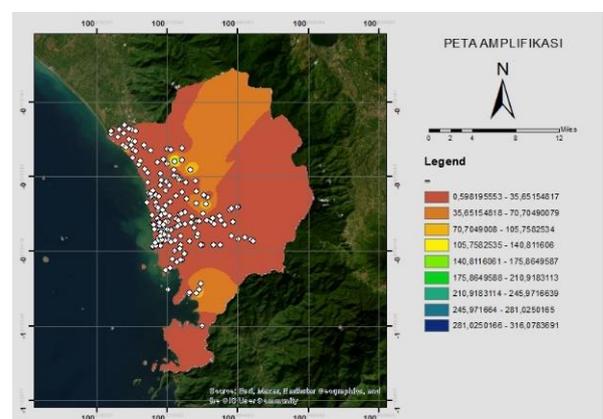
Hasil pengukuran mikrotremor menggunakan metode HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) menunjukkan nilai frekuensi dominan (f_0)

tanah di Kota Padang berkisar antara 0,1 Hz hingga lebih dari 5 Hz. Nilai ini merupakan indikator utama dari karakteristik dinamis lapisan tanah terhadap getaran seismik. Frekuensi rendah (≤ 1 Hz) biasanya ditemukan pada daerah dengan sedimen tebal dan lunak, seperti kawasan pesisir dan dataran aluvial. Sementara itu, frekuensi tinggi (> 2 Hz) cenderung muncul di wilayah yang memiliki lapisan tanah tipis atau berada di atas batuan keras.

Nilai amplifikasi (A_0) yang diperoleh dari rasio spektral menunjukkan variasi antara 1 hingga > 40 . Daerah dengan nilai amplifikasi tinggi umumnya berada pada tanah lunak dan jenuh air yang memperkuat amplitudo gelombang gempa. Amplifikasi terbesar tercatat di Kecamatan Koto Tengah dan Padang Selatan, dengan nilai A_0 melebihi 20. Hal ini mempertegas bahwa struktur tanah sangat mempengaruhi intensitas guncangan permukaan saat terjadi gempa bumi.



Gambar 3 Peta sebaran frekuensi



Gambar 4 Peta sebaran amplifikasi

2. Perioda dominan tanah

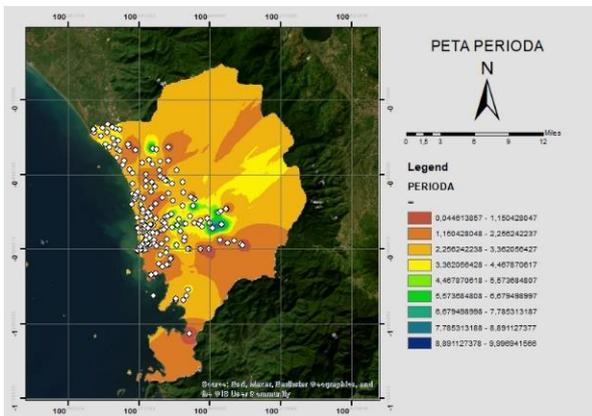
Perioda dominan merupakan kebalikan dari frekuensi dominan dan menunjukkan waktu resonansi alami tanah. Dalam konteks ini, nilai perioda yang besar (≥ 1 detik) menunjukkan bahwa

tanah memiliki ketebalan lapisan sedimen yang tinggi, sehingga beresonansi lebih lambat. Sebaliknya, nilai perioda yang pendek (<0,4 detik) menandakan tanah keras yang lebih stabil terhadap getaran.

Wilayah dengan perioda dominan panjang berisiko tinggi terhadap resonansi bangunan bertingkat rendah hingga sedang (2–5 lantai), karena struktur bangunan tersebut memiliki perioda alami yang bisa mendekati tanahnya. Jika perioda tanah dan bangunan sejajar, maka resonansi akan terjadi dan meningkatkan kerusakan bangunan. Oleh sebab itu, identifikasi nilai perioda dominan sangat penting dalam desain struktur tahan gempa.

Berdasarkan pernyataan tersebut, maka perioda dapat dituliskan pada persamaan 1 sebagai berikut

$$T = \frac{1}{f_0} \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 5 Peta sebaran perioda dominan

3. Kerentanan seismic

Dengan mengintegrasikan data frekuensi, amplifikasi, dan perioda dominan, dapat dilakukan klasifikasi kerentanan seismic tiap wilayah di Kota Padang. Kerentanan tertinggi ditemukan di daerah pesisir dan dataran rendah, di mana nilai A_0 tinggi dan perioda tanah panjang. Zona ini meliputi sebagian besar wilayah Padang Barat, Padang Selatan, dan Koto Tengah.

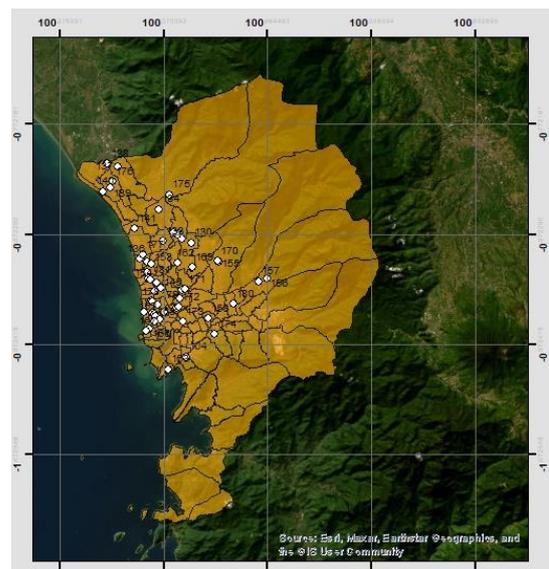
Zona kerentanan sedang berada di area transisi antara dataran dan perbukitan, di mana nilai amplifikasi sedang dan perioda menengah. Sementara zona kerentanan rendah teridentifikasi di bagian timur kota dan kawasan berbatu, yang didominasi tanah keras dengan frekuensi tinggi dan perioda pendek.

Pemetaan kerentanan seismic ini penting untuk perencanaan tata ruang berbasis risiko. Wilayah dengan kerentanan tinggi perlu mendapat prioritas

dalam pembangunan infrastruktur tahan gempa serta edukasi masyarakat mengenai evakuasi dan kesiapsiagaan.

4. Kedalaman lapisan tanah

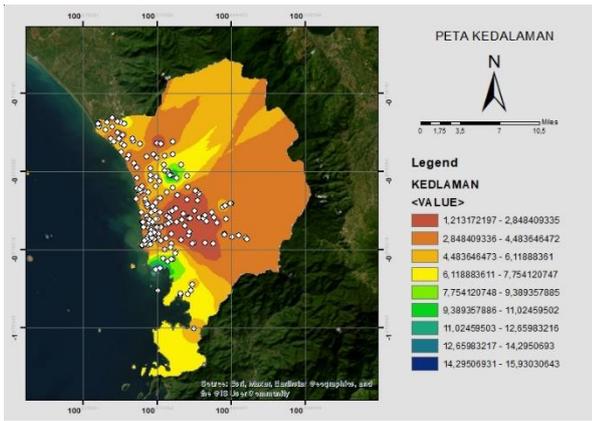
Kedalaman merupakan parameter penting untuk mengetahui karakteristik tanah dan responsnya terhadap beban atau guncangan. Dalam konteks seismic, H sering berkaitan langsung dengan perioda tanah dan amplifikasi gelombang, sedangkan dalam pengujian tanah memerlukan seperti CPT dan SPT. Ada sebanyak 54 titik sebaran CPT dan SPT di Kota Padang yang bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Peta sebaran CPT dan SPT

Dengan adanya sebaran titik CPT dan SPT tersebut kita bisa menginterpolasikan kedalaman titik sebaran mikrotremor di Kota Padang dengan menggunakan *software* ArcGIS yang bisa dilihat pada gambar 7

Tanah dengan lapisan lunak yang tipis seperti ini umumnya menghasilkan nilai perioda dominan yang rendah, yaitu <0,4 detik. Artinya, tanah di daerah tersebut merespons getaran seismic dengan cepat dan cenderung tidak mengalami resonansi berkepanjangan. Meskipun begitu, bukan berarti daerah ini sepenuhnya aman, sebab struktur bangunan yang memiliki perioda alami sangat pendek (seperti rumah satu lantai yang tidak dirancang tahan gempa) masih bisa mengalami kerusakan.



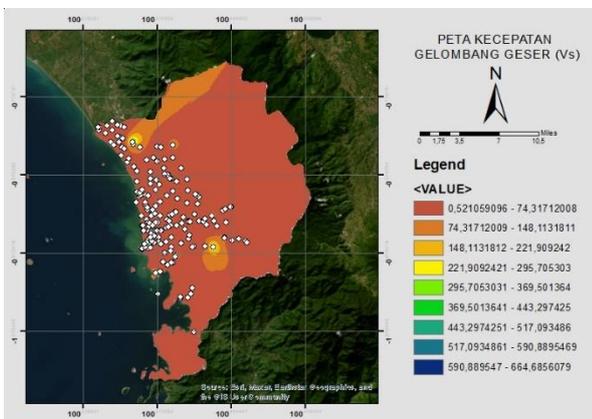
Gambar 7 Peta sebaran nilai H

5. Kecepatan gelombang geser (Vs)

Tanah lunak di wilayah Padang seperti lempung dan pasir jenuh air memiliki nilai Vs <300 m/s, yang ditemukan di daerah pesisir dan dataran rendah. Sebaliknya, daerah perbukitan dan tanah keras seperti di bagian timur Kota Padang memiliki nilai Vs >600 m/s. Nilai Vs digunakan dalam klasifikasi jenis tanah untuk perencanaan bangunan tahan gempa sesuai standar SNI 1726:2019. Oleh karena itu, integrasi data Vs dengan nilai f_0 dan A_0 sangat penting dalam menghasilkan zonasi kegempaan yang akurat dan aplikatif untuk mitigasi bencana.

Berdasarkan pernyataan tersebut, maka kecepatan gelombang geser (Vs) dapat dituliskan pada persamaan 2 sebagai berikut

$$VS = 4H.f_0 \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 8 Peta sebaran nilai Vs

Jadi, hasil pengukuran mikrotremor menggunakan metode HVSR, diperoleh variasi nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) di berbagai titik di Kota Padang. Nilai frekuensi dominan berkisar antara 0,1 hingga lebih dari 6 Hz, yang mencerminkan perbedaan karakteristik tanah. Wilayah dengan frekuensi rendah umumnya

merupakan daerah dengan lapisan tanah lunak dan tebal, seperti aluvial, sedangkan wilayah dengan frekuensi tinggi menunjukkan keberadaan tanah keras atau tipis. Perbedaan ini penting karena memengaruhi respons seismik tanah terhadap gelombang gempa.

kecepatan gelombang geser (Vs) juga menjadi faktor penentu dalam zonasi kegempaan. Tanah dengan Vs rendah, yang umumnya terdapat di daerah dataran rendah dan endapan aluvial, cenderung mengalami amplifikasi yang lebih tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah tidak cukup kaku untuk meredam gelombang seismik, sehingga energi gempa lebih mudah diperkuat. Kedalaman lapisan tanah lunak juga menjadi faktor penting yang berkorelasi dengan tingginya nilai amplifikasi dan panjangnya perioda tanah.

Secara keseluruhan, kombinasi dari nilai frekuensi, amplifikasi, perioda, Vs, dan kedalaman tanah menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kota Padang memiliki kerentanan seismik yang tinggi. Hal ini sejalan dengan kondisi geologi Kota Padang yang berada di zona megathrust aktif dan memiliki karakteristik tanah yang beragam. Oleh karena itu, hasil pemetaan zonasi kegempaan ini dapat menjadi dasar penting dalam perencanaan tata ruang, mitigasi bencana, serta penentuan lokasi prioritas untuk pembangunan infrastruktur tahan gempa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kota padang merupakan wilayah yang sangat rawan gempa karena letaknya di zona subduksi aktif antara lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Wilayah ini juga memiliki kondisi geologi yang beragam, termasuk tanah lunak dan aluvial yang memperbesar risiko kerusakan akibat gempa.
2. Analisa mikrotremor dengan metode HVSR menunjukkan variasi nilai perioda dominan dan amplifikasi tanah yang signifikan di berbagai wilayah Kota Padang. Wilayah dengan tanah lunak menunjukkan nilai amplifikasi tinggi dan perioda dominan panjang, yang sangat berisiko mengalami resonansi bangunan saat terjadi gempa.
3. Zonasi kegempaan Kota Padang telah berhasil dipetakan berdasarkan kombinasi parameter perioda dominan dan amplifikasi tanah. Hasil ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi area berisiko tinggi.
4. Wilayah dengan kombinasi nilai perioda dominan rendah dan amplifikasi tanah tinggi seperti kawasan Padang Utara, Padang Barat, dan Nanggalo dapat dikategorikan sebagai zona

prioritas tinggi dalam penanganan risiko ke gempa. Kondisi geologi di kawasan ini menunjukkan potensi penguatan gelombang gempa yang besar, sehingga pembangunan infrastruktur di wilayah tersebut harus melakukan penerapan konstruksi tahan gempa dan pembatasan pembatasan jenis bangunan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

Shiddiqie, F. A. A. (2022). *Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Metode Seed Et Al.(1985), Cetin Et Al. 2004) Dan Hyperbolic Fuction (2012) Berdasarkan Data N-Spt Akibat Pengaruh Variasi Magnitudo Gempa Analysis Of Liquefaction Potential Using Seed Et Al.(1985), Cetin Et Al.(2004. 1985.*

Wekke, I. S. (2021). *Mitigasi Bencana (Abdul (ed.)). Adanu Abimata.*

Darna Agung, M., & Putra, R. R. (2021). *Evaluasi Potensi Likuifaksi Di Kota Padang Berdasarkan Data Investigasi Tanah Dan Hubungannya Dengan Frekuensi Natural Tanah. Applied Science In Civil Engineering, 2(4), 412–419.*

Demulawa, M., dan Druwati, I. (2021). *Analisis Frekuensi Natural dan Potensi Amplifikasi Menggunakan Metode HVSR. Edu Research, 10(1), 59–63.*

Dian Nugraha, A. (2018). *Computational Earthquake Seismology. Editor JGE i Introduction and Table of Content JGE, 4(1).*

Fauzi, M., & Mussadun. (2021). *Dampak Bencana Gempa Bumi dan Tsunami di Kawasan Pesisir Lere. Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota, 17(1), 16–24.*
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pwk/index%0ADAMPAK>

Fidia, R., Pujiastuti, D., & Sabarani, A. (2018). *Korelasi Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Kepulauan Mentawai dengan Menggunakan Metode Guttenberg-Richter. Jurnal Fisika Unand, 7(1), 84–89.*
<https://doi.org/10.25077/jfu.7.1.84-89.2018>

Fish, B. (2020). *ANALISIS INDEKS KERENTANAN SEISMIK DENGAN METODE HVSR DI KECAMATAN WEDI KABUPATEN KLATEN. 2507(February), 1–9.*

Gani, R. A., Purwanto, S., & Sukarman, S. (2021). *Karakteristik Tanah Vulkanik di Kabupaten Wonosobo dan Pengelolaannya untuk Pertanian Characteristics of Volcanic Soils at Wonosobo District and their Management for Agriculture.*

Jurnal Tanah Dan Iklim, 45(1), 1–11.
<http://dx.doi.org/10.21082/jti.v45n1.2021.1-11>

Hadi, H., Agustina, S., & Subhani, A. (2019). *Penguatan Kesiapsiagaan Stakeholder dalam Pengurangan Risiko Bencana Alam Gempabumi. Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi, 3(1), 30.*
<https://doi.org/10.29408/geodika.v3i1.1476>